

VESI- JA YMPÄRISTÖHALLITUKSEN M O N I S T E S A R J A

Nro 484

**KALOJEN ELOHOPEAPITOISUUS ETELÄ-
POHJANMAAN VESISTÖISSÄ 1978 - 1991**

Hannu Kallioniemi

VESI- JA YMPÄRISTÖHALLITUKSEN MONISTESARJA

Nro 484

KALOJEN ELOHOPEAPITOISUUS ETELÄ- POHJANMAAN VESISTÖISSÄ 1978 - 1991

Hannu Kallioniemi

Vesi ja ympäristöhallitus
Vaasan vesi- ja ympäristöpiiri
Helsinki 1993

Tekijä on vastuussa julkaisun sisällöstä eikä siihen voida vedota vesi- ja ympäristöhallituksen virallisena kannanottona.

Julkaisua saa Vaasan vesi- ja ympäristöpiiristä.

ISBN 951-47-7350-0

ISSN 0783-3288

Painopaikka: Vesi- ja ympäristöhallituksen monistamo, Helsinki 1993

Julkaisija
Vesi- ja ympäristöhallitus

Julkaisun päivämäärä
syyskuu 1993

Tekijä(t) (toimielimestä: nimi, puheenjohtaja, sihteeri)
Hannu Kallioniemi

Julkaisun nimi (myös ruotsinkielinen)
Kalojen elohopeapitoisuus Etelä-Pohjanmaan vesistöissä 1978-1991
(Kvicksilverhalten i fiskarna i Sydösterbottensiska vattendrag 1978-1991)

Julkaisun laji	Toimeksiantaja	Toimielimen asettamispvm
Raportti		

Julkaisun osat

Tiivistelmä

Tässä työssä on tarkasteltu Etelä-Pohjanmaalla sijaitsevien kahden luonnonjärven (Alajärvi ja Seinäjärvi) sekä kolmen tekojärven (Kalajärvi, Kivi- ja Levalampi ja Kyrkösjärvi) kalojen elohopeapitoisuuden kehittymistä sekä muiden vesistöjen kalojen elohopeapitoisuuksia vuosina 1978-1991.

Näytekalojen sisältämä elohopea määritettiin kylmähöyrymenetelmällä.

Luonnonjärvistä Alajärven ahventen ja särkien elohopeapitoisuudet eivät ole muuttuneet havaintojakson aikana. Haukien pitoisuudet ovat hieman laskeneet. Seinäjärven ahventen ja särkien elohopeapitoisuudet eivät ole muuttuneet. Haukien pitoisuudet ovat laskeneet. Luonnonjärvien kalojen käyttämisessä ihmisravinnoksi ei ole rajoituksia.

Tekojärvistä Kalajärven ahventen, haukien ja särkien elohopeapitoisuudet ovat laskeneet, lukuunottamatta suuria yksilöitä. Kivi- ja Levalammen ahventen ja haukien elohopeapitoisuudet ovat laskeneet, lukuunottamatta suuria yksilöitä. Kyrkösjärven ahventen, haukien ja särkien elohopeapitoisuudet eivät ole muuttuneet havaintojakson aikana.

Tekojärvien pieniä kaloja suositellaan käytettäväksi ihmisravinnoksi korkeintaan 0,5 kg viikossa. Suurten haukien ja ahventen elohopeapitoisuudet ovat vielä yli 1,0 mg/kg, joten ne ovat myyntikiellossa.

Kyrönjoen ja sen suistoalueen kaloissa ei ole havaittu raja-arvon ylittäneitä pitoisuuksia.

Asiasanat (avainsanat)

elohopea, kalat, vesistöjen säännöstely, järvet, tekojärvet, Etelä-Pohjanmaa

Muut tiedot

Sarjan nimi ja numero
Vesi- ja ympäristöhallituksen
monistesarja nro 484

ISBN
951-47-7350-0

ISSN
0783-3288

Kokonaissivumäärä
80

Kieli
Suomi

Hinta

Luottamuksellisuus
Julkinen

Jakaja
Vaasan vesi- ja ympäristöpiiri
PL 262
65101 VAASA

Kustantaja
Vesi- ja ympäristöhallitus
PL 250
00101 HELSINKI

Utgivare
Vatten- och miljöstyrelsen

Utgivningsdatum
september 1993

Författare (uppgifter om organet: namn, ordförande, sekreterare)
Hannu Kallioniemi

Publikation (även den finska titeln)
Kvicksilverhalten i fiskarna i Sydösterbottniska vattendrag 1978-1991
(Kalojen elohopeapitoisuus Etelä-Pohjanmaan vesistöissä 1978-1991)

Typ av publikation
Rapport

Uppdragsgivare

Datum för tillsättandet av organet

Publikationens delar

Referat

I detta arbete granskas utvecklingen av kvicksilverhalten i fiskar i två Sydösterbottniska natursjöar (Alajärvi och Seinäjärvi) samt i tre konstgjorda sjöar (Kalajärvi, Kivi- ja Levalampi och Kyrkösjärvi), samt kvicksilverhalter i fiskar i andra vattenområden under åren 1978-1991. Kvicksilverhalten i de undersökta fiskarna definierades med kall-ånga atomabsorptionsspektrometri.

Av natursjöarna har abboren och mörtten i Alajärvi inte ändrats under observationsperioden. Gäddans kvicksilverhalter har sjunkit till en del.

Abborrens och mörtens kvicksilverhalter i Seinäjärvi har inte ändrats. Gäddans motsvarande halter har sjunkit. Inga begränsningar finns angående användningen av natursjöarnas fiskar som människoföda.

Av konstgjorda sjöar har abborrens, gäddans och mörtens kvicksilverhalter i Kalajärvi sjunkit, med undantag av stora individer.

Abborrens och gäddans kvicksilverhalter i Kivi- ja Levalampi har sjunkit, med undantag av stora individer.

Abborrens, gäddans och mörtens kvicksilverhalter i Kyrkösjärvi har inte förändrats under observationsperioden.

Till människoföda kan småfiskar från konstgjorda sjöar användas högst upp till en mängd av 0,5 kg i veckan. Stora gäddors och abborrars kvicksilverhalter är ännu 1,0 mg/kg, således är dessa i säljföbud.

I Kyröälven och dess mynningsområde har man inte observerat kvicksilverhalter i fisk som överskridit det tillåtna.

Sakord (nyckelord)

kvicksilver, fiskar, reglering av vattendrag, sjöar, konstgjorda sjöar, Sydösterbotten

Övriga uppgifter

Seriens namn och nummer
Vatten- och miljöstyrelsens
duplikatserie nr 484

ISBN
951-47-7350-0

ISSN
0783-3288

Sidantal
80

Språk
Finska

Pris

Sekretessgrad
Offentlig

Distribution
Vasa vatten- och miljödistrikt
PB 262
65101 VASA

Förlag
Vatten- och miljöstyrelsen
PB 250
00101 HELSINGFORS

S I S Ä L L Y S

Sivu

1	JOHDANTO.....	7- 9
2	ELOHOPEAPITOISUUS KALOISSA.....	9-11
3	AINEISTO JA MENETELMÄT.....	11-13
3.1	Tutkimusjärvien näytekalat ja niiden käsittely.....	11-12
3.2	Näytekalojen analysointi.....	12-13
4	TULOKSET.....	13-73
	39 NÄRPIÖNJOEN VESISTÖALUE.....	13-17
4.1	39.005 KIVI- JA LEVALAMMEN TEKOJÄRVI.....	13-17
4.1.1	Järven yleiskuvaus.....	13-14
4.1.2	Ahvenen elohopeapitoisuuden kehittyminen.....	14-15
4.1.3	Hauen elohopeapitoisuuden kehittyminen.....	16-17
	42 KYRÖNJOEN VESISTÖALUE.....	18-42
4.2	42.073 KALAJÄRVEN TEKOJÄRVI.....	18-26
4.2.1	Järven yleiskuvaus.....	18
4.2.2	Ahvenen elohopeapitoisuuden kehittyminen.....	18-20
4.2.3	Hauen elohopeapitoisuuden kehittyminen.....	20-22
4.2.4	Mateen elohopeapitoisuuden kehittyminen.....	22-24
4.2.5	Särjen elohopeapitoisuuden kehittyminen.....	24-26
4.3	42.071 KYRKÖSJÄRVEN TEKOJÄRVI.....	26-35
4.3.1	Järven yleiskuvaus.....	26-27
4.3.2	Ahvenen elohopeapitoisuuden kehittyminen.....	27-29
4.3.3	Hauen elohopeapitoisuuden kehittyminen.....	29-31
4.3.4	Lahnan elohopeapitoisuus.....	31
4.3.5	Mateen elohopeapitoisuuden kehittyminen.....	32-33
4.3.6	Särjen elohopeapitoisuuden kehittyminen.....	34-35
4.4	42.074 SEINÄJÄRVI.....	36-42
4.4.1	Järven yleiskuvaus.....	36
4.4.2	Ahvenen elohopeapitoisuuden kehittyminen.....	36-38
4.4.3	Hauen elohopeapitoisuuden kehittyminen.....	38-40
4.4.4	Muikun elohopeapitoisuus.....	40
4.4.5	Siian elohopeapitoisuuden kehittyminen.....	41
4.4.6	Särjen elohopeapitoisuuden kehittyminen.....	41-42
	47 ÄHTÄVÄNJOEN VESISTÖALUE.....	43-52
4.5	47.043 ALAJÄRVI.....	43-52
4.5.1	Järven yleiskuvaus.....	43-44
4.5.2	Ahvenen elohopeapitoisuuden kehittyminen.....	44-45
4.5.3	Hauen elohopeapitoisuuden kehittyminen.....	46-47
4.5.4	Lahnan elohopeapitoisuuden kehittyminen.....	48-49
4.5.5	Mateen elohopeapitoisuuden kehittyminen.....	50
4.5.6	Muikun elohopeapitoisuus.....	50
4.5.7	Särjen elohopeapitoisuuden kehittyminen.....	51-52
4.6	ELOHOPEAPITOISUUDEN KEHITTYMINEN ERI JÄRVISSÄ.....	52-55
4.6.1	Ahvenen elohopeapitoisuuden kehittyminen.....	52-53
4.6.2	Hauen elohopeapitoisuuden kehittyminen.....	53-54
4.6.3	Särjen elohopeapitoisuuden kehittyminen.....	54-55

4.7	KALOJEN ELOHOPEAPITOISUUKSIA MUISSA VESISTÖISSÄ....	55-73
4.7.1	35 KOKEMÄENJOEN VESISTÖALUE.....	55-57
	35.425 Alinen Sulkavanjärvi.....	55
	35.425 Keskinen Sulkavanjärvi.....	56
	35.425 Tulilampi.....	56
	35.433 Ähtärinjärvi.....	56
	35.464 Isojärvi.....	57
	35.462 Kolunjärvi.....	57
4.7.2	39 NÄRPIÖNJOEN VESISTÖALUE.....	57-58
	39.004 Säläisjärvi.....	58
4.7.3	42 KYRÖNJOEN VESISTÖALUE.....	58-62
	42.011 Kyrönjoki, Voitila.....	58
	42.028 Kotilammi.....	59
	42.013 Kyrönjoki, Isokyrö.....	59
	42.024 Kyrönjoki, Kitinoja.....	60
	42.022 Kyrönjoki, Ylistaro.....	60
	42.041 Pitkämä.....	60
	42.078 Liikapuro.....	61
	42.072 Seinäjoki, Kärjenkoski.....	61
	42.072 Seinäjoki, Renko.....	62
	42.072 Seinäjoki, Uitonperä.....	62
4.7.4	44 LAPUANJOEN VESISTÖALUE.....	62-68
	44.021 Lapuanjoki, Kantatie 67.....	63
	44.022 Lapuanjoki, Ämpä.....	63
	44.031 Lapuanjoki, Haapakoski.....	64
	44.041 Kuortaneenjärvi.....	64
	44.044 Kyrösjärvi.....	64
	44.063 Kauhajärvi.....	65
	44.061 Kauhavanjoki, Pernaa.....	65
	44.092 Hirvijärvi.....	66
	44.094 Kalaluoma.....	66
	44.095 Kuorasjärvi.....	67
	44.091 Nurmonjoki, Lapua.....	67
	44.091 Nurmonjoki, Nyrhilä.....	68
	44.092 Nurmonjoki, Veneskoski.....	68
	44.092 Varpula.....	68
4.7.5	47 ÄHTÄVÄNJOEN VESISTÖALUE.....	66-69
	47.031 Lappajärvi.....	69
	47.042 Kurejoki, Alajärvi.....	69
4.7.6	48 KRUUNUPYYNJOEN VESISTÖALUE.....	69-70
	48.006 Sääksjärvi.....	70
4.7.7	83 SELKÄMEREN RANNIKKOALUE.....	70-71
	83.043 Hinjärv.....	70
	83.050 Mamreträsket.....	71
	83.053 Pilvilampi.....	71
4.7.8	94 PERÄMERI.....	71-73
	94.40 Brudsund.....	72
	94.40 Bytesholmfjärden.....	72
	94.40 Särkimo.....	72
	94.40 Söderfjärden.....	73
5.	YHTEENVETO.....	73-75
	KIIITOKSET.....	76
	KIRJALLISUUS.....	76-78
	KARTTA 1.....	79
	KARTTA 2.....	80

1 J O H D A N T O

Tässä raportissa käsitelty aineisto liittyy pääosin vesioikeuden päätösten kalataloudellisia velvoitteita sisältäviin lupaehtoihin. Edellämainittuja ehtoja sisältyy on mm. seuraaviin tekoaltaisiin: Närpiönjoen järjestely (LSVEO:n päätös 28.6.1976; ehto 31), Pitkämön altaan säännöstely (KHO:n päätös 8.6.1972; ehto 11), Kalajärven altaan säännöstely (pätös 31.5.1969; ehto 22) ja Kyrkösjärven altaan säännöstely (LSVEO:n päätös 3.3.1977; ehto 23). Lisäksi kalojen elohopeapitoisuuksia on määritetty suunniteltuihin perkaus ym. hankkeisiin liittyen.

Elohopea on metalleista hankalimpia ja myös Suomen ympäristöä kuormittavista metalleista haitallisin. Alkuaineena olevan elohopean myrkyllisyys on keskitasoa, mutta elohopea muuttuu vedessä ja maassa sekä bakteerien avulla että ilman eliöiden apua mono- tai dimetyylielohopeaksi eli metyloituu. Näin metallinen elohopea biomuuntuu metyylielohopeaksi. Nämä yhdisteet ovat alkuaine-elohopeaa paljon myrkyllisempiä (Wahlström ym. 1992).

Pahimmillaan elohopea voi vaurioittaa keskushermostoa peruuttamattomasti. Elohopeaa valmistettiin maailmanlaajuisesti vuonna 1985 n. 10 000 t (Wahlström ym. 1992).

Elohopean kulkureitti biosfäärissä on hyvin mutkikas. Elohopea haihtuu herkästi ja sitä siirtyy luonnostaan jatkuvasti vedestä ilmaan ja päinvastoin. Elohopeaa käytetään kloorintuotannossa, siementen peittauksessa, lääke- ja hammaslääketieteessä, paristoissa, mittalaitteissa ja väreissä. Metyyli- ja etyylielohopeaa on käytetty peittäusaineina (Wahlström ym. 1992).

Ilmakehällä on erittäin suuri merkitys elohopean leviämisessä. Maan pintakerroksesta ilmaan tapahtuva kulku on useita kertoja suurempaa kuin mantereilta meriin tapahtuva. Ihmisen aiheuttamien elohopeapäästöjen sekä lisääntyneen eroosion on arvioitu kohottaneen maapallon järvien ja jokien elohopeamäärän 2 - 4 -kertaiseksi. Valtamerten elohopeasisältöön sillä ei ole ollut vaikutusta (Andren ja Nriagu 1979).

Ihmisen nopeuttama elohopean kierto on 80 kertaa nopeampaa kuin elohopean luontainen kiertonopeus. Ihmistoiminnan seurauksena elohopeaa pääsee ympäristöön n. 7500 t/v (Wahlström ym. 1992). Ihmisen toiminnasta aiheutuvat elohopeapäästöt johtuvat kaivos- ja metalliteollisuudesta, fossiilisten polttoaineiden käytöstä, teollisuusprosesseista (erityisesti kloorialkaliteollisuudesta), maanviljelystä ja talousjätteistä (sisältää jätteiden polton). Ihmisen toiminnasta aiheutuvan elohopean osuus ilmakehässä on arvioitu vaihtelevan välillä 10-80 prosenttia (Andren ja Nriagu 1979). Ruotsalaisten arvioiden mukaan se on vähintään 20 % (Lindqvist et al. 1984).

1980-luvun alun päästöt ilmakehään olivat Euroopassa 300-1200 t vuodessa, josta vain alle 150 t oli luonnon toiminnasta aiheutuvaa (Lindqvist et al. 1984). Koko maailman elohopeapäästöt olivat vuoden 1985 puolella välillä 0.3-8.8 milj.kg/v, maahan 2.2-18 milj.kg/v ja ilmaan 0.9-6.2 milj.kg/v (Nriagu et al. 1988).

Suomessa ihmisen toiminnasta aiheutuvat päästöt ilmakehään on arvioitu 1980-luvun alussa hieman yli yhdeksi tonniksi vuodessa (Ympäristönsuojeluneuvosto 1982). Tästä määrästä noin puolet oli peräisin kloorialkaliteollisuudesta ja loput pääasiassa fossiilisten polttoaineiden käytöstä ja rautateollisuudesta. Maaperään joutui Suomessa n. 2 t elohopeaa vuodessa elohopeapitoisten peittäusaineiden mukana (Tiittanen ja Blomqvist 1983). Suoraan vesistöihin johdettiin hieman yli 100 kg elohopeaa vuodessa (Vesihallitus 1983). Vuonna 1987 arvioitiin Suomen ympäristöön joutuneiksi elohopeamääräksi maahan n. 10 t/v, veteen n. 0.15 t ja ilmaan n. 3 t/v (Mukherjee 1989).

Vuonna 1985 saivat maanviljelijät elohopeaa ruuan mukana 12.9 µg/vrk (kalasta 60.8 %). Yksin asuvat saivat elohopeaa 5.8 µg/vrk, josta kalan mukana tuli 49.2 % (Louekari 1991). Luonnolliset elohopealähteet ovat rapautumis- ja huuhtoutumisprosessit (vesistöihin), vulkaaninen toiminta, tuulen nostama pöly sekä kaasuntuminen maaperästä, vesistöistä ja merestä (Verta ja Rekolainen 1985). Tulivuoret ovat suurin luonnollinen elohopealähde (Wahlström ym. 1992).

Teollisuuden elohopeapäästöistä aloitettujen elohopeatutkimusten yhteydessä todettiin eräiden Itä- ja Pohjois-Suomen

elohopeapäästöjen ulkopuolisten järvien hauissa korkeita elohopeapitoisuuksia (Verta 1981).

Kohonneiden pitoisuuksien arveltiin johtuvan lähinnä kalio- ja maaperätekijöistä, koska eräillä kanadalaisilla ja ruotsalaisilla järvillä oli saatu tätä teoriaa tukevia tutkimustuloksia (Alhonen 1972, Miettinen 1972). Myös tällaisten järvien kaloja syövien ihmisten hiuksissa ja veressä todettiin kohonneita elohopeapitoisuuksia (Sumari et al. 1972). Vuonna 1978 aloitettuun kalojen jäämäainepitoisuuksien seurantaan otettiin tutkimuskohteiksi myös muutamia tekoaltaita Pohjanmaalta.

Kun näiden altaiden hauista todettiin kohonneita elohopeapitoisuuksia, laajennettiin tutkimus koskemaan useimpia maamme tekoaltaita ja säännösteltyjä järviä (Lääkintöhallitus 1980, Vesihallitus ja Lääkintöhallitus 1980 ja 1981, Lodenius et al. 1981, Verta 1981).

1970-luvun lopussa saatiin myös viitteitä kalojen elohopeapitoisuuksien kohoamisesta tekojärvien ja raakavesialtaiden kaloissa USA:ssa ja Kanadassa (Potter et al. 1975, Abernathy ja Cumbie 1977, Bodaly ja Heckey 1979, Cox et al. 1979, Meister et al. 1979). Sekä teoreettisin laskelmin (Potter et al. 1975) että luonnossa tehtyjen havaintojen avulla (Cox et al. 1979, Meister et al. 1979) on pystytty osoittamaan, että maan pintakerros sisältää riittävästi elohopeaa, jotta se pystyy aiheuttamaan havaitun pitoisuuksien kohoamisen kaloissa. Pitoisuuksien nousuun vaikuttavat myös mm. ilmapiiräinen kaukokulkeutuminen.

2 ELOHOPEAPITOISUUS KALOISSA

Kaloilla elohopea aiheuttaa ensin vaurioita kidusten ja ihon pintasolukossa. Tällöin mm. hapen saanti vaikeutuu ja hengitysliikkeet kiihtyvät, minkä seurauksena myrkkyyä joutuu elimistöön entistä enemmän. Lohen mätimunien altistaminen elohopealle on jo melko pienissä pitoisuuksissa (3 µg Hg/l) aiheuttanut poikasille epämuodostumia.

Jo pienet kuparipitoisuudet lisäävät elohopean myrkkyyvaikutuksia. Metyylielohopean puoliintumisaika eli se aika, jonka kuluttua alkuperäisestä pitoisuudesta on jäljellä puolet, on hauella n. 70 vrk. Metyylielohopea voi kuitenkin ri-

kastua jopa alle 1 µg/l pitoisuuksissa monituhatkertaisesti kalan kudoksiin (Vuori 1993).

Kaloissa esiintyvä elohopea on pääosin (n. 95 %) metyylielohopeaa. Isoissa kaloissa on elohopeapitoisuus suurempi kuin pienissä. Mitä suurempi haukien ravinnon (särjen) elohopeapitoisuus on ja mitä tummempi järvi on, sitä enemmän hauissa on yleensä elohopeaa (Verta ja Rekolainen 1985).

Järvissä, joissa hauki on hidaskasvuinen ovat myös suurimmat haukien elohopeapitoisuudet, koska normaalia enemmän energiasta kuluu perusaineenvaihduntaan (Wren ja MacCrimmon 1983, Göthberg 1983).

Suuren valuma-alueen alapuolisessa pienessä järvessä ovat yleensä suuret elohopeapitoisuudet ja pienen valuma-alueen alapuolisessa suuressa järvessä pienet elohopeapitoisuudet. Näillä tekijöillä pystytään selittämään 57 % hauen elohopeapitoisuuden vaihteluista. Mateella on yleensä sama elohopeataso kuin hauella, ahvenella näitä alhaisempi ja särjellä ahventa alhaisempi elohopeapitoisuus (Verta ja Rekolainen 1985).

Luonnonjärvien kalojen elohopeapitoisuuden kasvun tärkeimmäksi syyksi on päätelty ilmaperäisen elohopean kuormituksen lisääntyminen erityisesti viimeisten 60 vuoden aikana (Verta ja Rekolainen 1985).

Tekojärvien kalojen elohopean on todettu olevan lähtöisin maaperän humuspitoisesta pintakerroksesta, jossa elohopea on mahdollisesti metyloitunut jo ennen tekojärven rakentamista. Maaperän pintakerroksen on todettu aina sisältävän riittävästi elohopeaa nostamaan kalojen pitoisuuksia.

Veden happikadon, alhaisen pH-arvon, tekojärven säännöstellyn ja tekojärven sijainnin happamilla suoalueilla on todettu lisäävän suurten elohopeapitoisuuksien todennäköisyyttä kaloissa (Verta ja Rekolainen 1985).

Tekojärvien rakentaminen vanhoille järven pohjille ja kiennäismaille (erityisesti savimaille) sekä vähemmän happamille suoalueille vähentää suurten elohopeapitoisuuksien todennäköisyyttä kaloissa (Verta ja Rekolainen 1985).

Elohopeapitoisuuksien pienentämiseksi suositellaan tehokasta kalastusta sekä kalkituksen ja seleenin lisäämisen kokeilemista (Verta ja Rekolainen 1985). Eräässä kalkituskokeessa ei kalkituksen todettu vaikuttaneen elohopeapitoisuuden pienenemiseen (Verta ja Matilainen 1992).

FAO:n (YK:n elintarvike- ja maatalousjärjestö) ja WHO:n (Maaailman terveysjärjestö) asiantuntijakomitea on arvioinut suurimmaksi sallittavaksi jatkuvaksi elohopean viikkoannokseksi 0.3 mg henkilöä kohti, ja tätä on esitetty myös WHO:n ohjearvoksi.

Tällä perusteella Lääkintöhallitus (1980) on esittänyt:

1. Kalaa, jonka elohopeapitoisuus on yli 1.0 mg/kg, on pidettävä elintarvikeasetuksen 9 §:n tarkoittamalla tavalla terveydelle vahingollisena ja ihmisravinnoksi kelpaamattomana. Lääninhallitusten ja terveyslautakuntien tulee valvoa, ettei tällaista kalaa pidetä kaupan (elintarvikelaki 5 §).
2. Kalaa, jonka elohopeapitoisuus on 0.5-1.0 mg/kg, ei tulisi syödä jatkuvasti kuin enintään 0.5 kg viikossa. Lääninhallitusten ja terveyslautakuntien tulee tiedottaa tästä sellaisten alueiden väestölle, joilla pyydettyä kala sisältää kyseisen määrän elohopeaa.

3 A I N E I S T O J A M E N E T E L M Ä T

3.1 TUTKIMUSJÄRVIENTÄYTEKALAT JA NIIDEN KÄSITTELY

Tässä työssä on tarkasteltu Etelä-Pohjanmaalla sijaitsevien viiden järven kalojen elohopeapitoisuuden kehittymistä vuosina 1981-1991. Näistä Alajärvi ja Seinäjärvi ovat säännöstelltyjä luonnonjärvviä ja Kalajärvi, Kivi- ja Levalampi sekä Kyrkösjärvi ovat tekojärvviä (kartta 1, sivu 79).

Näytekalat pyydettiin katiskoilla, koukuilla, rysillä ja verkoilla. Niistä mitattiin pituus yhden millimetrin tarkkuudella (RT-mitta) ja paino yhden gramman tarkkuudella. Tämän jälkeen ne käärittiin alumiinifolioon ja varustettiin vesistöä, kalalajia, päivämäärää, pituutta ja painoa koskevilla tiedoilla.

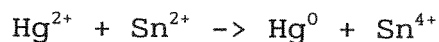
Suurimmista kaloista leikattiin pala keskeltä kalaa ja toimitettiin kuten edellä. Tämän jälkeen näytekalat pakastettiin ja lähetettiin analysoitavaksi Helsinkiin Vesi- ja ympäristöhallituksen tutkimuslaboratorioon.

3.2 NÄYTEKALOJEN ANALYSOINTI

Näytekalojen sisältämä elohopea määritettiin COLEMAN BACHERACH MAS-50B -merkkisellä laitteella dynaamisella systeemillä, joka koostui reaktioastiasta ja kyvetistä. Määrittys tehtiin kylmähöyrymenetelmällä (Vesi- ja ympäristöhallitus 1991). Näyte otettiin siten, että kalan päästä katsoen ensimmäisen selkävän kohdalta kylkiviivan yläpuolelta selkäfileestä irroitettiin n. 2 g:n pala, joka punnittiin tarkasti. Nahan alla olevaa punaruskeaa rasvakerrosta ei otettu mukaan. Kalan oikea puoli oli A-pala, joka analysoitiin ja vasen puoli oli B-pala, joka pakastettiin alumiinifoliossa mahdollista uusintaa varten. Joka viidennestä näytteestä analysoitiin sekä A- että B-palat.

Pienistä kaloista tehtiin homogenaatti joko koko selkäfileestä tai useammasta kalasta otettiin n. 1 g:n palat, jotka homogenisoitiin.

Määrittysmenetelmän periaate oli seuraava: Näytteessä oleva elohopea pelkistettiin reaktioastiassa tinakloridilla metalliseksi elohopeaksi. Tästä seurasi kemiallinen reaktio:



Syntynyt metallinen elohopea höyrystyi helposti. Elohopeahöyry johdettiin tasaisen kaasuvirran avulla kyvetiin, jossa absorptio mitattiin aallonpituudella 253,7 nm. Absorptiomaksimi rekisteröitiin piirturilla.

Tulokset laskettiin seuraavasti: Piikkien korkeudet mitattiin piirturipaperista. Näytteiden piikkien pituuksista vähennettiin reagenssinollaliuoksen piikin pituus. Standardiliuosten tuloksista ei vähennetty nollastandardin arvoa. Elohopeapitoisuudet µg/l luettiin vertailukäyrältä. Näytteiden laimennukset huomioitiin tuloksissa.

Näytteen elohopeapitoisuus; x, µg/g laskettiin kaavalla:

$$x = \frac{a \cdot V}{m}$$

a = Näytteen elohopeapitoisuus luettuna vertailukäyrältä, µg/l

m = Näytteen massa, g

V = Hajotetun näytteen tilavuus laimennuksen jälkeen, l

Näytekalojen pitoisuudet ilmoitettiin muodossa mg/kg elohopeaa kylkilihaksen tuorepainossa.

4 T U L O K S E T

39 NÄRPIÖNJOEN VESISTÖALUE

4.1 39.005 KIVI- JA LEVALAMMEN TEKOJÄRVI

4.1.1 J ä r v e n y l e i s k u v a u s

Kivi- ja Levalammen tekojärvi kuuluu Närpiönjoen vesistöalueeseen (39.005). Se sijaitsee Jurvan kunnan alueella.

Kivi- ja Levalampi vesitettiin vuonna 1977. Seuraavassa on koottu eräitä hydrologisia tietoja Kivi- ja Levalammesta (Vaasan vesi- ja ympäristöpiiri):

valuma-alue	km ²	141
pinta-ala	km ²	9.5
tilavuus	milj.m ³	19.3
maksimisyvyys	m	5.8
keskisyvyys	m	2.0
järvisyys	%	6.8
teoreettinen viipymä	kk	4.7
korkeus meren pinnan yläpuolella, alaraja	m	76.00
korkeus meren pinnan yläpuolella, yläraja	m	78.70
säännöstelyväli	m	2.7

Kivi- ja Levalammen tekojärvessä ovat ongelmallisia mm. talvisin lopputalvesta esiintyvä hapettomuus alusvedessä (1 m pohjan yläpuolella), korkea väriluku, alhainen pH-arvo sekä säännöstely. Väri on vaihdellut välillä 160-480 Pt mg/l (keskimäärin 320 Pt mg/l) ja pH-arvo välillä 4.5-5.8 (keskimäärin 5.2).

4.1.2 Ahvenen elohopeapitoisuuden kehittyminen

Kivi- ja Levalammen altaasta on määritetty elohopeapitoisuus vuosina 1981-1991 yhteensä 73 ahvenesta (taulukko 1). Elohopeapitoisuus on ollut korkeimmillaan vuonna 1982, jolloin se oli keskimäärin 1.77 mg/kg.

Se pysyi yli 1 mg/kg ainakin 1980-luvun loppupuolelle (määrityksiä ei ole 1980-luvun puolesta välistä), jonka jälkeen elohopeapitoisuus on asettunut 0.5-1.0 mg/kg tasolle.

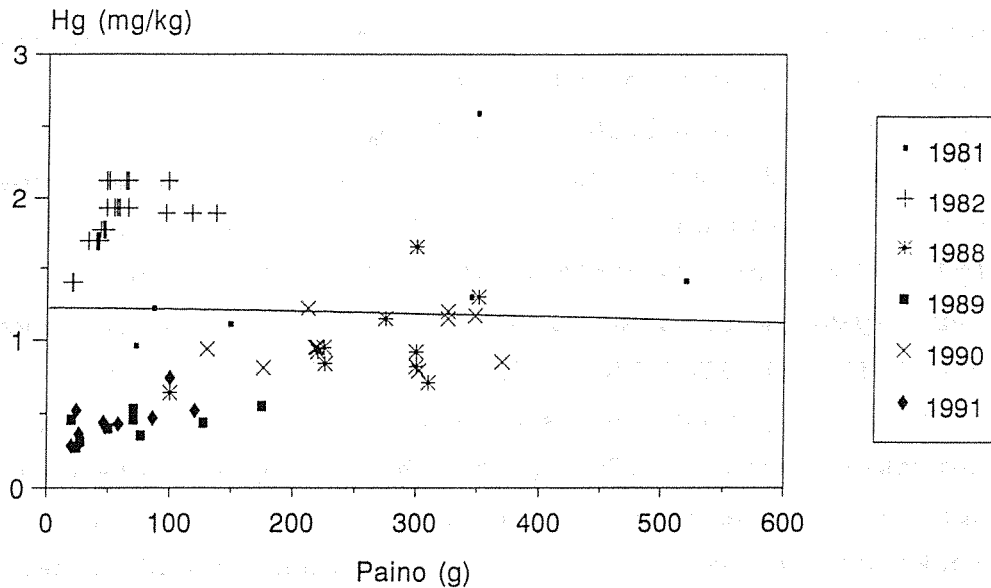
Suurten ahventen (yli 200 g) pitoisuudet ovat vielä yli 1.0 mg/kg, joten ne ovat myyntikiellossa. Pieniä ahvenia suositellaan käytettäväksi ihmisravinnoksi enintään 0.5 kg viikossa.

Näytekalojen elohopeapitoisuudet ovat kuvassa 1. Ahvenen elohopeapitoisuus ei ollut riippuvainen kalan painosta, sillä sen korrelaatiokerroin oli jopa lievästi negatiivinen (kuva 1). Vuotuiset keskimääräiset elohopeapitoisuudet ja keskipainot ovat kuvassa 2.

Taulukko 1. Ahventen kappalemäärä, painojakauma, keskipaino, elohopean pitoisuusjakauma sekä keskipitoisuus eri vuosina Kivi- ja Levalammen tekojärvessä.

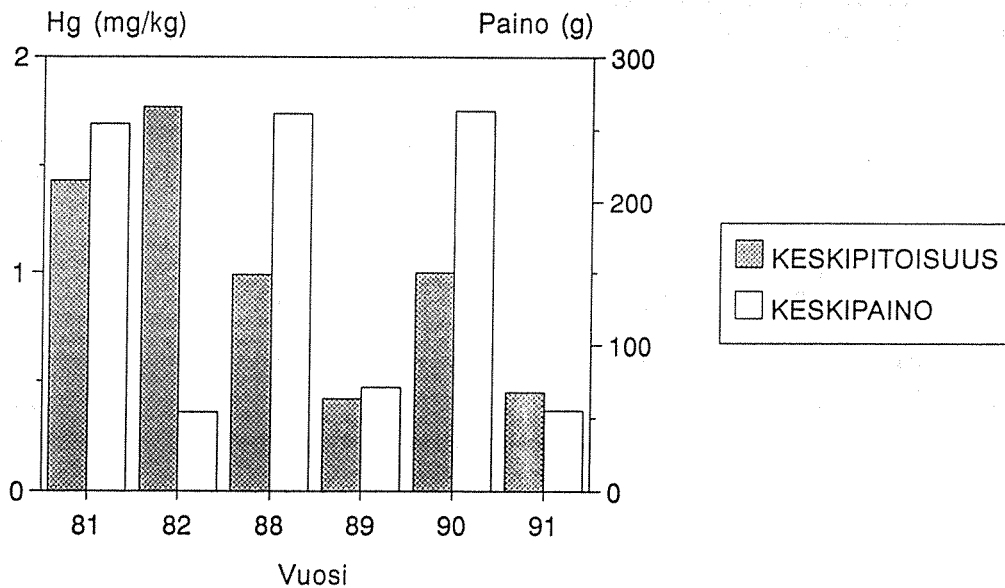
vuosi	kpl	paino (g)		keskipaino (g)	elohopeaa (mg/kg)		keskimäärin (mg/kg)
		min	max		min	max	
1981	6	72	520	254	0.96	2.59	1.43
1982	28	20	137	54	1.40	2.12	1.77
1988	10	100	351	261	0.64	1.65	0.99
1989	9	20	175	71	0.27	0.55	0.42
1990	10	130	370	263	0.79	1.22	1.00
1991	10	20	120	55	0.28	0.74	0.45

AHVENEN ELOHOPEAPITOISUUS KIVI- JA LEVALAMPI 1981-1991



Kuva 1. Ahvenen elohopeapitoisuus ja sen riippuvuus kalan painosta Kivi- ja Levalammen tekojärvessä 1981-1991 (n=73, df=72; $r=-0.030$)

AHVENEN ELOHOPEAPITOISUUS KIVI- JA LEVALAMPI 1981-1991



Kuva 2. Ahvenen (n=73) keskimääräiset elohopeapitoisuudet ja keskipainot Kivi- ja Levalammen tekojärvessä 1981-1991

4.1.3 H a u e n e l o h o p e a p i t o i s u u d e n k e h i t t y m i n e n

Kivi- ja Levalammen altaasta on määritetty elohopeapitoisuus vuosina 1981-1991 yhteensä 32 hauesta (taulukko 2).

Elohopeapitoisuus on ollut korkeimmillaan vuonna 1981, jolloin se oli keskimäärin 3.04 mg/kg. Se pysyi yli 1 mg/kg 1980-luvun loppupuolelle asti, jonka jälkeen elohopeapitoisuus on asettunut tasolle 0.5-1.0 mg/kg. Suurten haukien (yli 1 kg) pitoisuudet ovat vielä yli 1.0 mg/kg, joten ne ovat myyntikiellossa. Pieniä haukia suositellaan käytettäväksi ihmisravinnoksi enintään 0.5 kg viikossa.

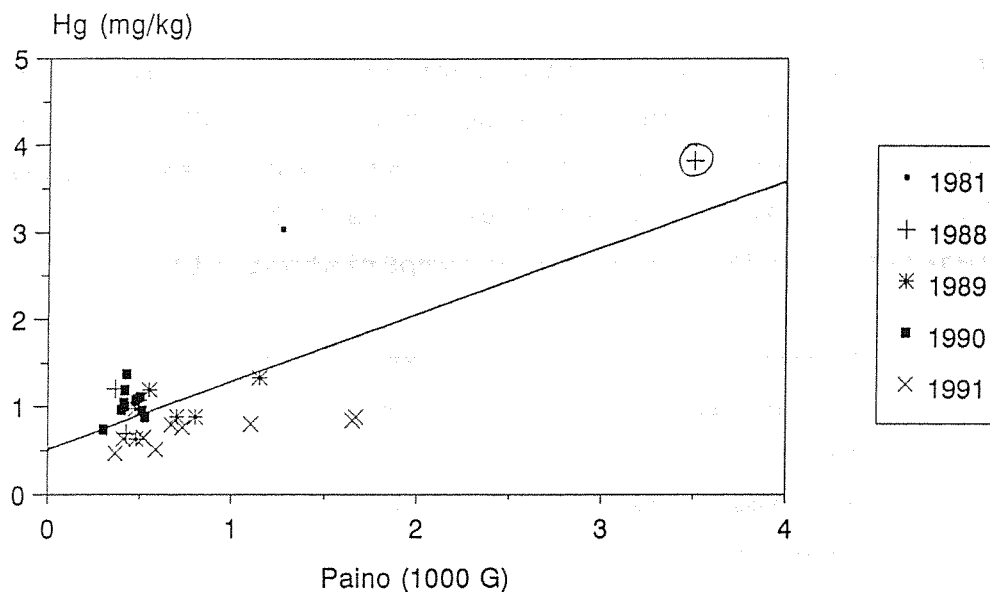
Yhden kilon painoisen "standardihauen" elohopeapitoisuus oli tutkimusjaksolla 1.30 mg/kg. Näytekalojen pieneneminen vuoden 1988 jälkeen on johtunut lisääntyneestä kalastuksesta, jonka seurauksena suurten haukien saaminen näytekaloina on ollut vaikeaa.

Näytekalojen elohopeapitoisuudet ovat kuvassa 3. Hauen elohopeapitoisuus oli riippuvainen kalan painosta, jonka avulla selittyi 52 % haueen elohopeapitoisuudesta. Korrelaatiokertoimen merkitsevyys oli 99.9 %. Korrelaatiokertoimella ei ollut enää merkitsevyyttä, kun testissä ei huomioitu yhtä suurta haukea. Tämän painoarvo oli testissä liian suuri (kuva 3). Vuotuiset keskimääräiset elohopeapitoisuudet ja keskipainot ovat kuvassa 4.

Taulukko 2. Haukien kappalemäärä, painojakauma, keskipaino, elohopean pitoisuusjakauma sekä keskipitoisuus eri vuosina Kivi- ja Levalammen tekojärvestä.

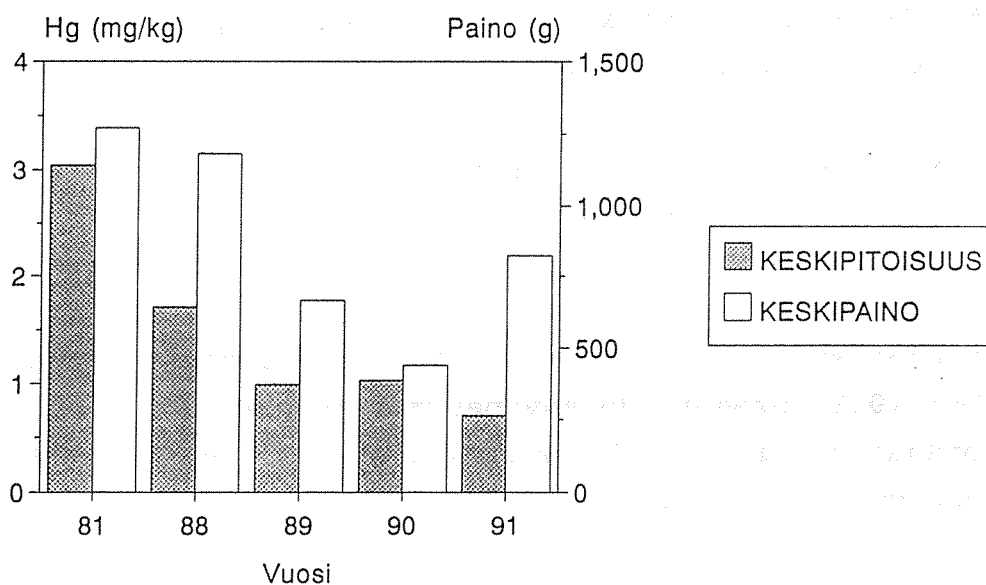
vuosi	kpl	paino (g)		keskipaino (g)	elohopeaa (mg/kg)		keskimäärin (mg/kg)
		min	max		min	max	
1981	1	1270	1270	1270	3.04	3.04	3.04
1988	4	365	3500	1181	0.69	3.82	1.71
1989	7	476	1150	665	0.63	1.33	0.99
1990	10	298	526	438	0.74	1.37	1.03
1991	10	366	1668	823	0.47	0.88	0.70

HAUEN ELOHOPEAPITOISUUS KIVI- JA LEVALAMPI 1981-1991



Kuva 3. Hauen elohopeapitoisuus ja sen riippuvuus kalan painosta Kivi- ja Levalammen tekojärvessä 1981-1991 ($n=32$, $df=31$; $r=0.724^{***}$, $r^2=0.524$) (ei 0, $n=31$, $df=30$; $r=0.281$)

HAUEN ELOHOPEAPITOISUUS KIVI- JA LEVALAMPI 1981-1991



Kuva 4. Hauen ($n=32$) keskimääräiset elohopeapitoisuudet ja keskipainot Kivi- ja Levalammen tekojärvessä 1981-1991

42 KYRÖNJOEN VESISTÖALUE

4.2 42.073 KALAJÄRVEN TEKOJÄRVI

4.2.1 J ä r v e n y l e i s k u v a u s

Kalajärven tekojärvi kuuluu Kyrönjoen vesistöalueeseen (42) ja siellä Seinäjoen vesistöalueeseen (42.073). Se sijaitsee Peräseinäjoen kunnan alueella. Kalajärvi vesitettiin vuonna 1977. Seuraavassa on koottu eräitä hydrologisia tietoja Kalajärvestä (Vaasan vesi- ja ympäristöpiiri):

valuma-alue	km ²	512
pinta-ala	km ²	11.5
tilavuus	milj.m ³	42
maksimisyvyys	m	7.5
keskisyvyys	m	3.7
järvisyys	%	6.2
teoreettinen viipymä	kk	4
korkeus meren pinnan yläpuolella, alaraja	m	99.00
korkeus meren pinnan yläpuolella, yläraja	m	105.50
säätöväli	m	6.5

Kalajärven tekojärvessä ovat ongelmallisia mm. talvisin (lopputalvesta) esiintyvä hapettomuus alusvedessä (1 m pohjan yläpuolella), korkea väriluku, alhainen pH-arvo (lopputalvesta) sekä säätöväli. Väri on vaihdellut välillä 120-360 Pt mg/l (keskimäärin 240 Pt mg/l) ja pH-arvo välillä 5.2-6.5 (keskimäärin 5.9).

4.2.2 A h v e n e n e l o h o p e a p i t o i s u u d e n
k e h i t t y m i n e n

Kalajärven altaasta on määritetty elohopeapitoisuus vuosina 1981-1991 yhteensä 35 ahvenesta (taulukko 3). Elohopeapitoisuus on ollut korkeimmillaan vuonna 1981, jolloin se oli keskimäärin 1.51 mg/kg.

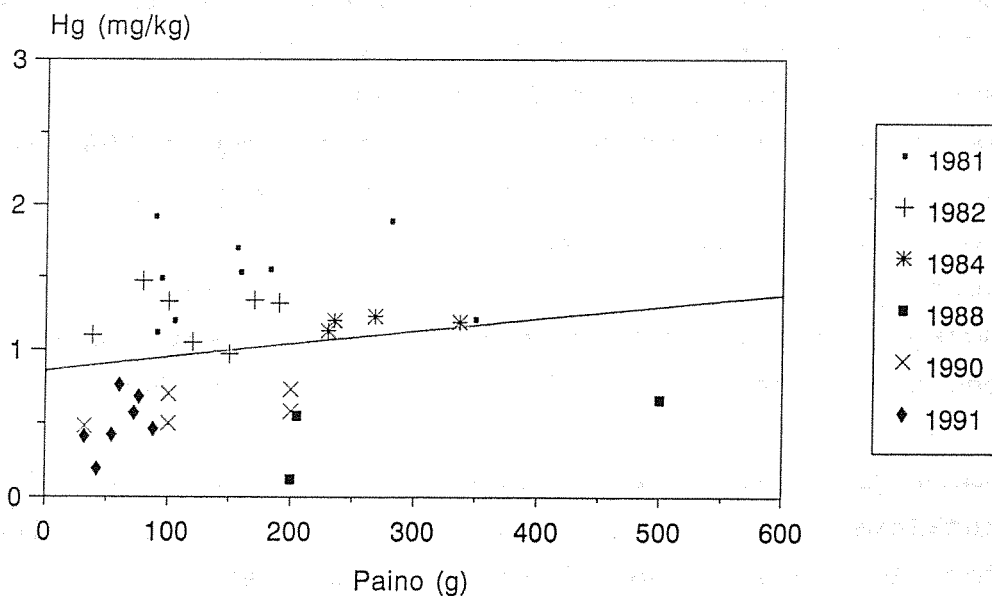
Se pysyi yli 1 mg/kg 1980-luvun puoliväliin asti, jonka jälkeen elohopeapitoisuus on asettunut tasolle 0.5-1.0 mg/kg. Ahvenia ei tulisi syödä jatkuvasti kuin enintään 0.5 kg viikossa.

Näytekalojen elohopeapitoisuudet ovat kuvassa 5. Ahvenen elohopeapitoisuus näyttäisi olevan riippuvainen kalan painosta, mutta korrelaatiokertoimella ei ollut kuitenkaan merkitsevyyttä (kuva 5). Vuotuiset keskimääräiset elohopeapitoisuudet ja keskipainot ovat kuvassa 6.

Taulukko 3. Ahventen kappalemäärä, painojakauma, keskipaino, elohopean pitoisuusjakauma sekä keskipitoisuus eri vuosina Kalajärven tekojärvässä.

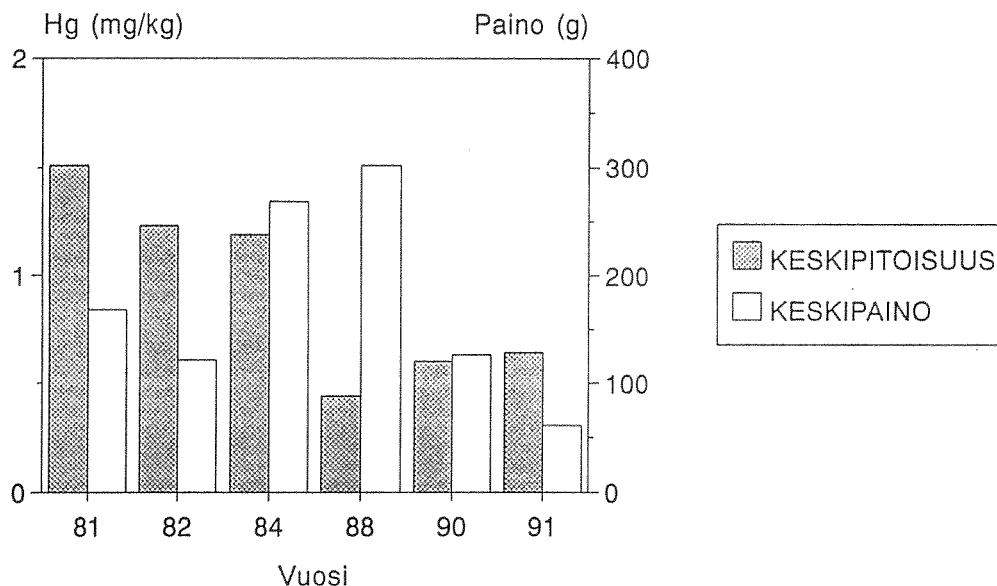
vuosi	kpl	paino (g)		keskipaino (g)	elohopeaa (mg/kg)		keskimäärin (mg/kg)
		min	max		min	max	
1981	9	89	350	168	1.12	1.92	1.51
1982	7	38	190	121	0.97	1.47	1.23
1984	4	230	337	268	1.13	1.23	1.19
1988	3	200	500	302	0.12	0.66	0.44
1990	5	32	200	126	0.48	0.73	0.60
1991	7	32	88	61	0.19	0.76	0.64

AHVENEN ELOHOPEAPITOISUUS
KALAJÄRVI 1981-1991



Kuva 5. Ahvenen elohopeapitoisuus ja sen riippuvuus kalan painosta Kalajärven tekojärvässä 1981-1991 (n=35, df=34; r=0.202)

AHVENEN ELOHOPEAPITOISUUS KALAJÄRVI 1981-1991



Kuva 6. Ahvenen (n=35) keskimääräiset elohopeapitoisuudet ja keskipainot Kalajärven tekojärvässä 1981-1991

4.2.3 H a u e n e l o h o p e a p i t o i s u u d e n k e h i t t y m i n e n

Kalajärven altaasta on määritetty elohopeapitoisuus vuosina 1979-1991 yhteensä 87 hauesta (taulukko 4). Elohopeapitoisuus on ollut korkeimmillaan vuonna 1979, jolloin se oli keskimäärin 1.70 mg/kg. Se pysyi yli 1 mg/kg 1980-luvun puoliväliin asti, jonka jälkeen elohopeapitoisuus on asettunut tasolle 0.5-1.0 mg/kg.

Suurten haukien (yli 1 kg) pitoisuudet ovat vielä yli 1.0 mg/kg, joten ne ovat myyntikiellossa. Pieniä haukia suositellaan käytettäväksi ihmisravinnoksi enintään 0.5 kg viikossa.

Yhden kilon painoisen "standardihauen" elohopeapitoisuus oli tutkimusjaksolla 1.20 mg/kg. Näytekalojen pieneneminen vuoden 1984 jälkeen on johtunut lisääntyneestä kalastuksesta, jonka seurauksena suurten haukien saaminen näytekaloiksi on ollut vaikeaa.

Näytekalojen elohopeapitoisuudet ovat kuvassa 7. Hauen elohopeapitoisuus oli riippuvainen kalan painosta, jonka avulla selittyi 33 % hauen elohopeapitoisuudesta.

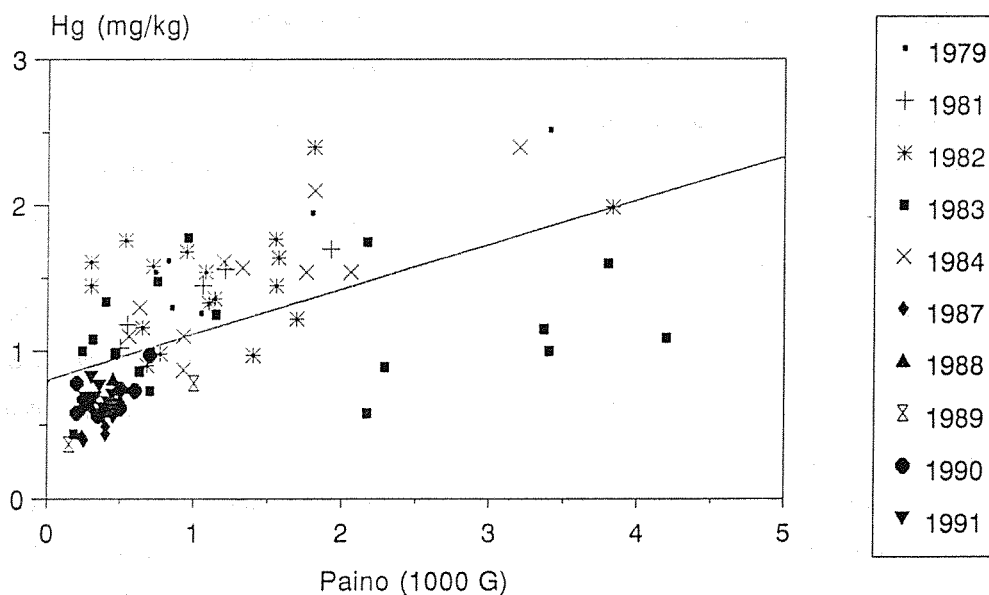
Korrelaatiokertoimen merkitsevyys oli 99.9 % (kuva 7).

Vuotuiset keskimääräiset elohopeapitoisuudet ja keskipainot ovat kuvassa 8.

Taulukko 4. Haukien kappalemäärä, painojakauma, keskipaino, elohopean pitoisuusjakauma sekä keskipitoisuus eri vuosina Kalajärven tekojärvenessä.

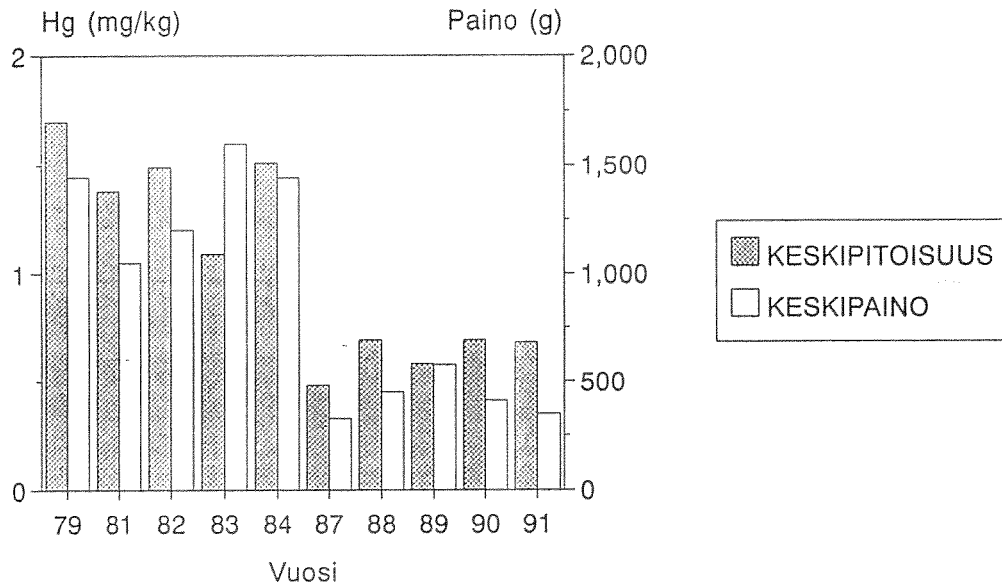
vuosi	kpl	paino (g)		keskipaino (g)	elohopeaa (mg/kg)		keskimäärin (mg/kg)
		min	max		min	max	
1979	6	735	3405	1444	1.26	2.52	1.70
1981	5	500	1925	1049	1.02	1.70	1.38
1982	18	300	3830	1202	0.90	2.40	1.49
1983	17	182	4200	1599	0.44	1.78	1.09
1984	10	560	3200	1441	0.87	2.40	1.51
1987	7	240	450	327	0.40	0.62	0.48
1988	3	400	500	450	0.60	0.81	0.69
1989	2	150	1000	575	0.37	0.78	0.58
1990	9	200	700	411	0.56	0.97	0.69
1991	10	258	446	349	0.61	0.82	0.68

HAUEN ELOHOPEAPITOISUUS
KALAJÄRVI 1979-1991



Kuva 7. Hauen elohopeapitoisuus ja sen riippuvuus kalan painosta Kalajärven tekojärvenessä 1979-1991 (n=87, df=86; $r=0.574^{***}$, $r^2=0.329$)

HAUEN ELOHOPEAPITOISUUS KALAJÄRVI 1979-1991



Kuva 8. Hauen (n=87) keskimääräiset elohopeapitoisuudet ja keskipainot Kalajärven tekojärvenässä 1979-1991

4.2.4 M a t e e n e l o h o p e a p i t o i s u u d e n k e h i t t y m i n e n

Kalajärven altaasta on määritetty elohopeapitoisuus vuosina 1980-1990 yhteensä 12 mateesta (taulukko 5). Elohopeapitoisuus on ollut korkeimmillaan vuonna 1981, jolloin se oli keskimäärin 1.50 mg/kg. Määrityksiä on tehty seuraavan kerran vuonna 1989, jonka jälkeen elohopeapitoisuus on asettunut tasolle 0.5-1.0 mg/kg. Mateita ei tulisi syödä jatkuvasti kuin enintään 0.5 kg viikossa.

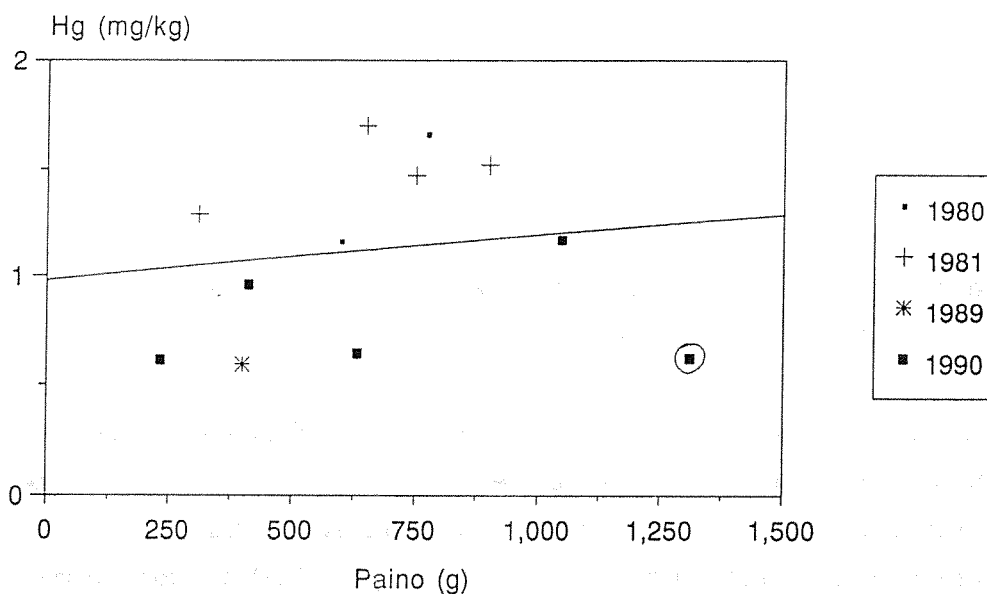
Näytekalojen elohopeapitoisuudet ovat kuvassa 9. Mateen elohopeapitoisuus näyttäisi olevan riippuvainen kalan painosta, mutta korrelaatiokertoimella ei ollut kuitenkaan merkittävyyttä (kuva 9).

Kun testissä ei huomioitu yhtä suurta madetta, tuli korrelaatiokerroin suuremmaksi. Tämä selittyi sillä, että kyseisessä mateessa oli painoon nähden vähän elohopeaa (kuva 9). Vuotuiset keskimääräiset elohopeapitoisuudet ja keskipainot ovat kuvassa 10.

Taulukko 5. Mateiden kappalemäärä, painojakauma, keskipaino, elohopean pitoisuusjakauma sekä keskipitoisuus eri vuosina Kalajärven tekojärvenessä.

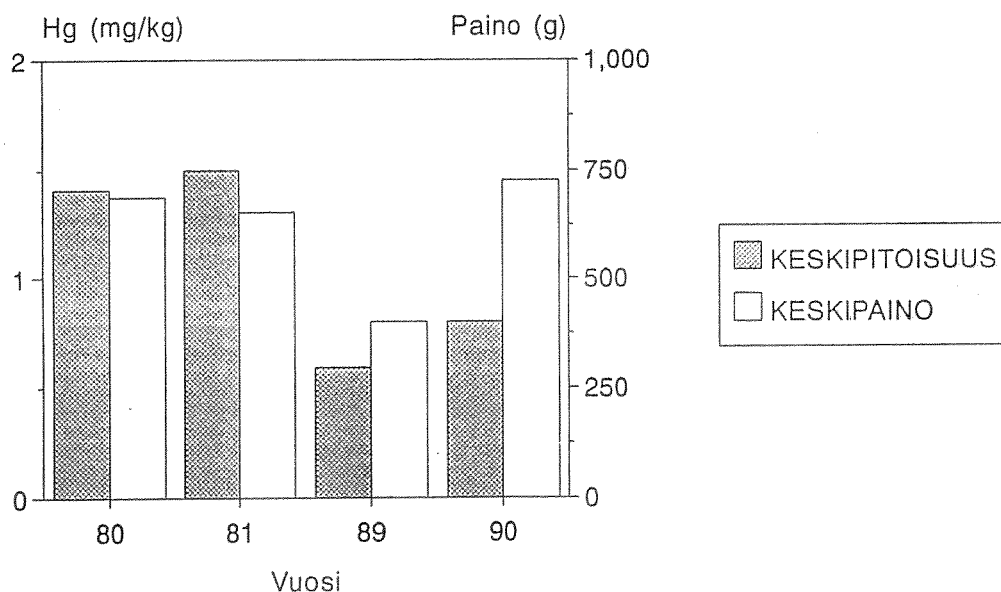
vuosi	kpl	paino (g)		keskipaino (g)	elohopeaa (mg/kg)		keskimäärin (mg/kg)
		min	max		min	max	
1980	2	600	775	688	1.16	1.66	1.41
1981	4	310	900	653	1.29	1.70	1.50
1989	1	400	400	400	0.59	0.59	0.59
1990	5	232	1310	727	0.61	1.17	0.80

MATEEN ELOHOPEAPITOISUUS
KALAJÄRVI 1980-1990



Kuva 9. Mateen elohopeapitoisuus ja sen riippuvuus kalan painosta Kalajärven tekojärvenessä 1980-1990
($n=12$, $df=11$; $r=0.153$)
(ei 0, $n=11$, $df=10$; $r=0.545$)

MATEEN ELOHOPEAPITOISUUS KALAJÄRVI 1980-1990



Kuva 10. Mateen (n=12) keskimääräiset elohopeapitoisuudet ja keskipainot Kalajärven tekojärvässä 1980-1990

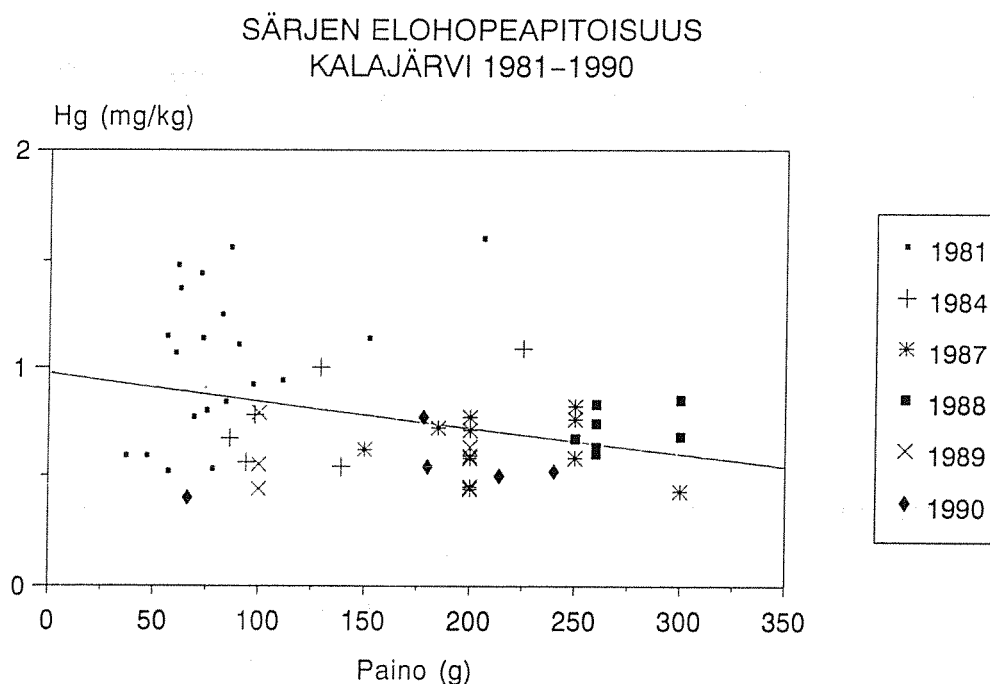
3.2.5 Särjen elohopeapitoisuuden kehittyminen

Kalajärven altaasta on määritetty elohopeapitoisuus vuosina 1981-1990 yhteensä 56 särjestä (taulukko 6). Elohopeapitoisuus on ollut korkeimmillaan vuonna 1981, jolloin se oli keskimäärin 1.04 mg/kg. Se pysyi yli 1.0 mg/kg vuoteen 1983, jonka jälkeen elohopeapitoisuus on asettunut tasolle 0.5-1.0 mg/kg. Särkiä ei tulisi syödä jatkuvasti kuin enintään 0.5 kg viikossa.

Näytekalojen elohopeapitoisuudet ovat kuvassa 11. Särjen elohopeapitoisuus ei ollut riippuvainen kalan painosta, sillä sen korrelaatiokerroin oli jopa lievästi negatiivinen (kuva 11). Vuotuiset keskimääräiset elohopeapitoisuudet ja keskipainot ovat kuvassa 12.

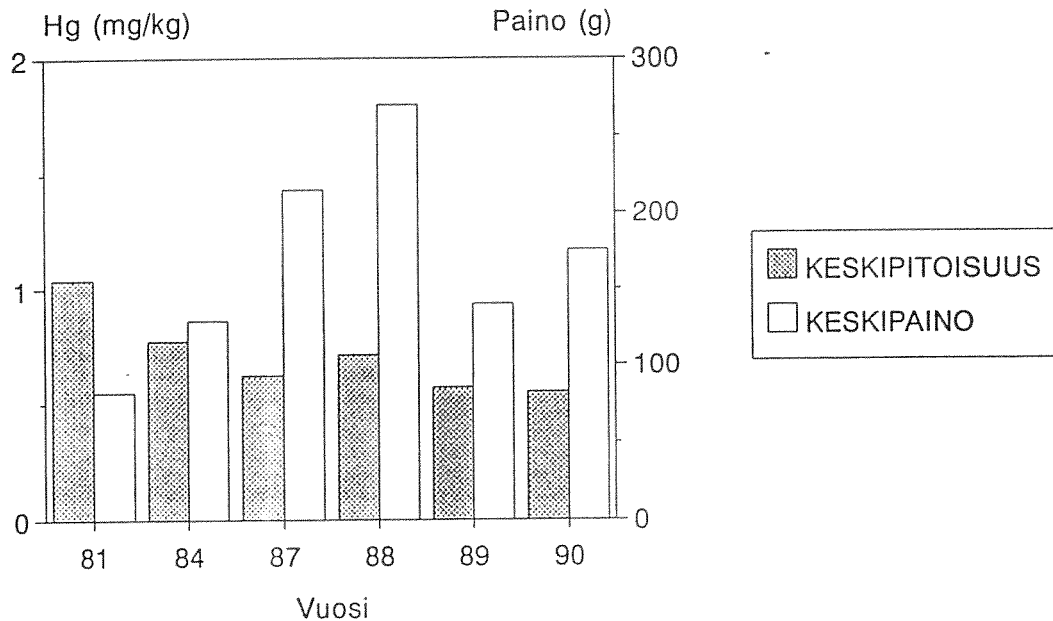
Taulukko 6. Särkien kappalemäärä, painojakauma, keskipaino, elohopean pitoisuusjakauma sekä keskipitoisuus eri vuosina Kalajärven tekojärvestä.

vuosi	kpl	paino (g)		keskipaino (g)	elohopeaa (mg/kg)		keskimäärin (mg/kg)
		min	max		min	max	
1981	21	37	206	82	0.52	1.60	1.04
1984	6	86	225	129	0.54	1.09	0.77
1987	12	150	300	215	0.43	0.82	0.62
1988	7	250	300	270	0.60	0.85	0.71
1989	5	100	200	140	0.44	0.79	0.57
1990	5	66	240	176	0.40	0.77	0.55



Kuva 11. Särjen elohopeapitoisuus ja sen riippuvuus kalan painosta Kalajärven tekojärvestä 1981-1990 (n=56, df=55; r=-0.317)

SÄRJEN ELOHOPEAPITOISUUS
KALAJÄRVI 1981-1990



Kuva 12. Särjen (n=56) keskimääräiset elohopeapitoisuudet ja keskipainot Kalajärven tekojärvenä 1981-1990

4.3 42.071 KYRKÖSJÄRVEN TEKOJÄRVI

4.3.1 J ä r v e n y l e i s k u v a u s

Kyrkösjärven tekojärvi kuuluu Kyrönjoen vesistöalueeseen (42) ja siellä Seinäjoen vesistöalueeseen (42.071). Se sijaitsee Ilmajoen kunnan ja Seinäjoen kaupungin alueilla. Kyrkösjärvi vesitettiin vuonna 1981. Seuraavassa on koottu eräitä hydrologisia tietoja Kyrkösjärvestä (Vaasan vesi- ja ympäristöpiiri):

valuma-alue	km ²	820
pinta-ala	km ²	6.4
tilavuus	milj.m ³	15.8
maksimisyvyys	m	6.8
keskisyvyys	m	2.5
järvisyys	%	3.5
teoreettinen viipymä	kk	4

korkeus meren pinnan yläpuolella, alaraja	m	79.25
korkeus meren pinnan yläpuolella, yläraja	m	81.25
säännöstelyväli	m	2.0

Kyrkösjärven tekojärvessä ovat ongelmallisia mm. talvisin (lopputalvesta) esiintyvä hapettomuus alusvedessä (1 m pohjan yläpuolella), raudan sekä fosforin liukeneminen talvela ja kesällä, korkea väriluku, alhainen pH-arvo (lopputalvesta), leväkukinta (*Gonyostomum semen*), turvelauttojen nousu sekä säännöstely. Väri on vaihdellut välillä 120-1200 Pt mg/l (keskimäärin 660 Pt mg/l) ja pH-arvo välillä 5.0-6.7 (keskimäärin 5.9).

4.3.2 Ahvenen elohopeapitoisuuden kehittyminen

Kyrkösjärven altaasta on määritetty elohopeapitoisuus vuosina 1981-1991 yhteensä 38 ahvenesta (taulukko 7). Sieltä on siis näytekaloja heti samalta vuodelta, kun tekojärveen nostettiin vesi.

Kyrkösjärvessä ei ollut kaloja altaan rakentamisen aikana, joten vuoden 1981 näytekalat ovat peräisin Seinäjoesta.

Kyrkösjärveen johdetaan vesi täyttökanaavaa pitkin, joka tulee Seinäjoesta. Tällä selittyy vuoden 1981 näytekalojen alhainen elohopeapitoisuus.

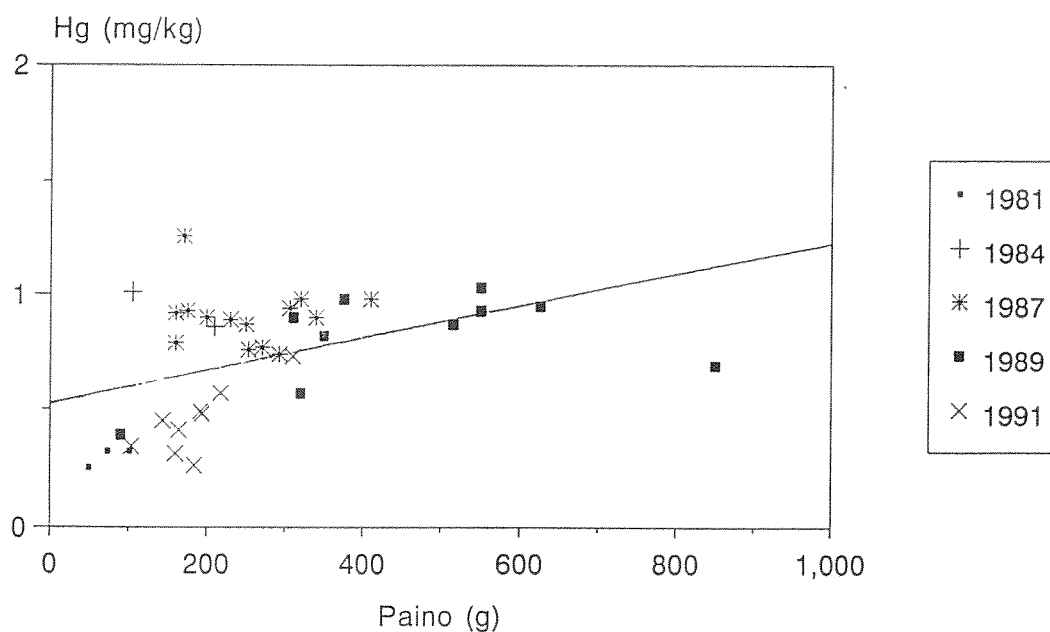
Elohopeapitoisuus on ollut korkeimmillaan vuonna 1984, jolloin se oli keskimäärin 0.94 mg/kg. Elohopeapitoisuus on pysynyt koko ajan välillä 0.5-1.0 mg/kg. Ahvenia ei tulisi syödä jatkuvasti kuin enintään 0.5 kg viikossa.

Näytekalojen elohopeapitoisuudet ovat kuvassa 13. Ahvenen elohopeapitoisuus oli riippuvainen kalan painosta, jonka avulla selittyi 20 % ahvenen elohopeapitoisuudesta. Korrelaatiokertoimen merkitsevyys oli 99 % (kuva 13). Vuotuiset keskimääräiset elohopeapitoisuudet ja keskipainot ovat kuvassa 14.

Taulukko 7. Ahventen kappalemäärä, painojakauma, keskipaino, elohopean pitoisuusjakauma sekä keskipitoisuus eri vuosina Kyrkösjärven tekojärvessä.

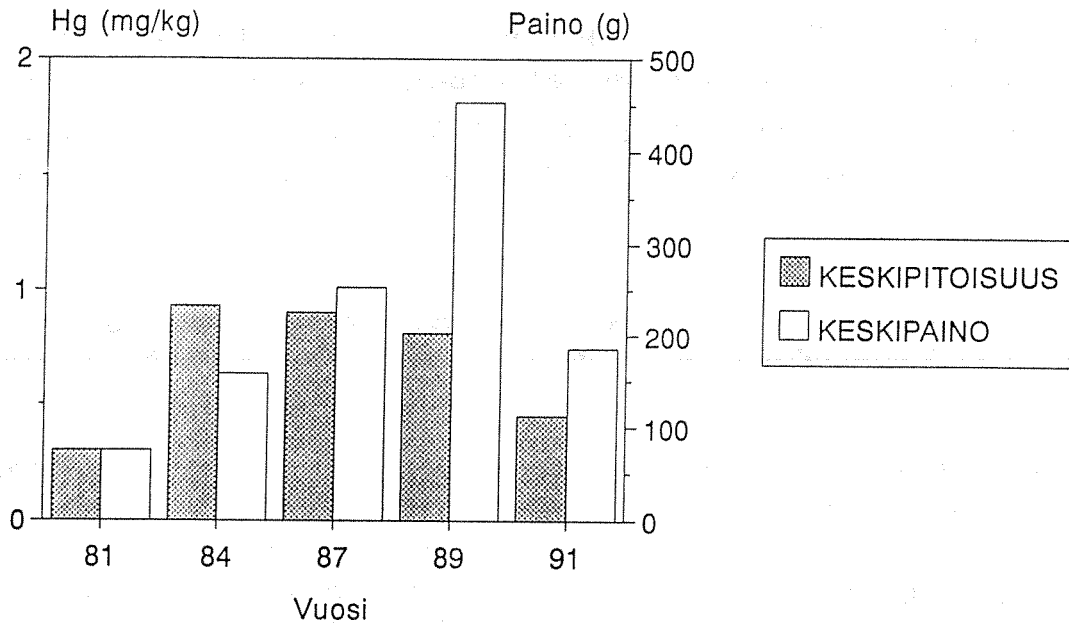
vuosi	kpl	paino (g)		keskipaino (g)	elohopeaa (mg/kg)		keskimäärin (mg/kg)
		min	max		min	max	
1981	3	50	102	75	0.25	0.32	0.30
1984	2	105	210	158	0.86	1.01	0.94
1987	14	160	410	253	0.74	1.26	0.90
1989	10	90	850	454	0.39	1.03	0.81
1991	9	104	310	186	0.26	0.73	0.45

AHVENEN ELOHOPEAPITOISUUS KYRKÖSJÄRVI 1981-1991



Kuva 13. Ahvenen elohopeapitoisuus ja sen riippuvuus kalan painosta Kyrkösjärven tekojärvessä 1981-1991 ($n=38$, $df=37$; $r=0.445^{**}$, $r^2=0.198$)

AHVENEN ELOHOPEAPITOISUUS KYRKÖSJÄRVI 1981-1991



Kuva 14. Ahvenen (n=38) keskimääräiset elohopeapitoisuudet ja keskipainot Kyrkösjärven tekojärvestä 1981-1991

4.3.3 Hauen elohopeapitoisuuden kehittyminen

Kyrkösjärven altaasta on määritetty elohopeapitoisuus vuosina 1981-1991 yhteensä 49 hauesta (taulukko 8). Sieltä on siis näytekaloja heti samalta vuodelta, kun tekojärveen nostettiin vesi. Kyrkösjärvestä ei ollut kaloja altaan rakentamisen aikana, joten vuoden 1981 näytekalat ovat peräisin Seinäjoesta. Kyrkösjärveen johdetaan vesi täyttökanavaa pitkin, joka tulee Seinäjoesta. Mielenkiintoista on se, että haukiin on alkanut kertyä elohopeaa heti altaan vesityksen jälkeen.

Elohopeapitoisuus on ollut korkeimmillaan vuonna 1987, jolloin se oli keskimäärin 1.26 mg/kg. Pitoisuutta nosti jonkin verran yksi iso hauki. Jos tätä yksilöä ei oteta huomioon, pitoisuus oli keskimäärin 1.08 mg/kg.

Elohopeapitoisuus on pysynyt koko ajan välillä 0.5-1.0 mg/kg, lukuunottamatta edellä mainittua vuotta.

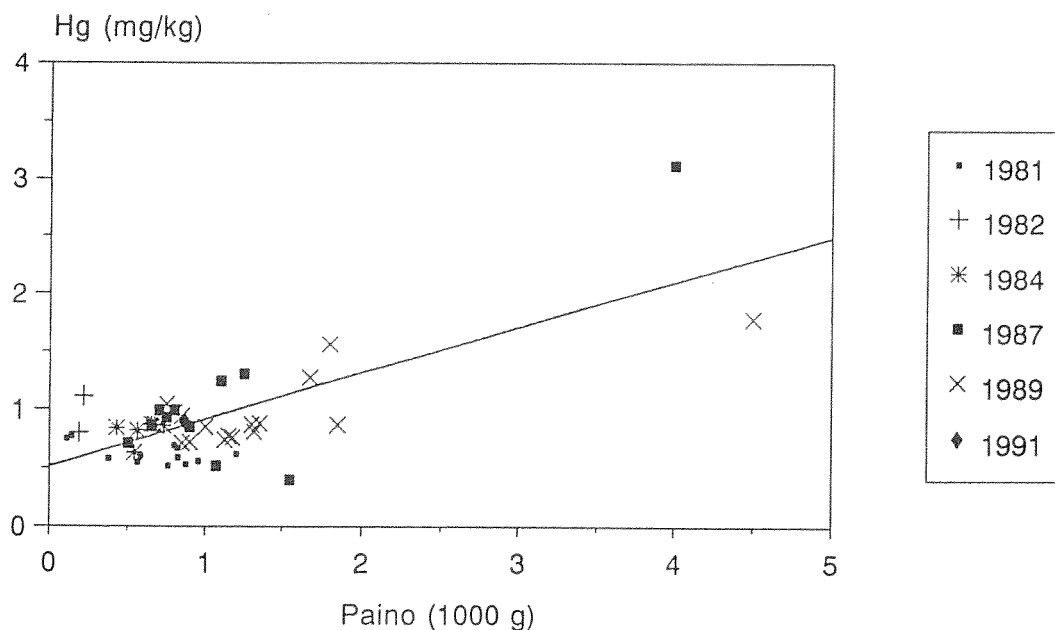
Yhden kilon painoisen "standardihauen" elohopeapitoisuus oli tutkimusjaksolla 0.80 mg/kg. Haukia ei tulisi syödä jatkuvasti kuin enintään 0.5 kg viikossa.

Näytekalojen elohopeapitoisuudet ovat kuvassa 15. Hauen elohopeapitoisuus oli riippuvainen kalan painosta, jonka avulla selittyi 57 % hauen elohopeapitoisuudesta. Korrelaatiokertoimen merkitsevyys oli 99.9 % (kuva 15). Vuotuiset keskimääräiset elohopeapitoisuudet ja keskipainot ovat kuvassa 16.

Taulukko 8. Haukien kappalemäärä, painojakauma, keskipaino, elohopean pitoisuusjakauma sekä keskipitoisuus eri vuosina Kyrkösjärven tekojärvessä.

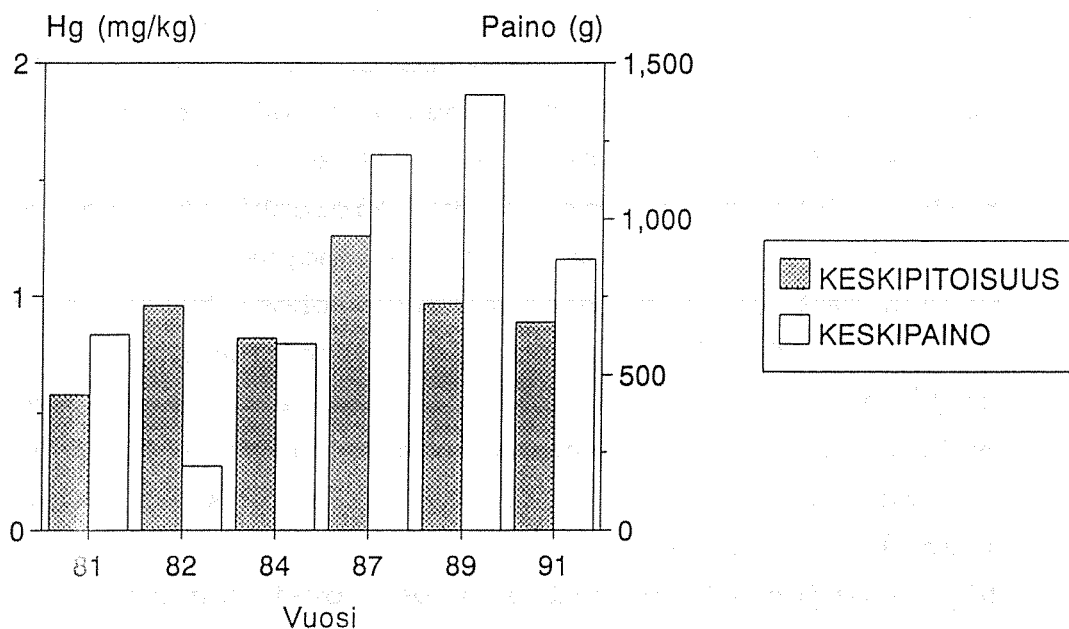
vuosi	kpl	paino (g)		keskipaino (g)	elohopeaa (mg/kg)		keskimäärin (mg/kg)
		min	max		min	max	
1981	13	110	1200	627	0.52	0.77	0.58
1982	2	190	220	205	0.80	1.11	0.96
1984	6	430	730	597	0.63	0.87	0.82
1987	11	500	4000	1206	0.71	3.12	1.26
1989	16	750	4500	1399	0.71	1.78	0.97
1991	1	868	868	868	0.89	0.89	0.89

HAUEN ELOHOPEAPITOISUUS
KYRKÖSJÄRVI 1981-1991



Kuva 15. Hauen elohopeapitoisuus ja sen riippuvuus kalan painosta Kyrkösjärven tekojärvessä 1981-1991 (n=49, df=48; $r=0.754^{***}$, $r^2=0.569$)

HAUEN ELOHOPEAPITOISUUS KYRKÖSJÄRVI 1981-1991



Kuva 16. Hauen (n=49) keskimääräiset elohopeapitoisuudet ja keskipainot Kyrkösjärven tekojärvessä 1981-1991

4.3.4 Lahnan elohopeapitoisuus

Kyrkösjärven altaasta on määritetty elohopeapitoisuus vuonna 1991 yhteensä kuudesta lahnasta (taulukko 9). Elohopeapitoisuus on ollut vuonna 1991 keskimäärin 0.10 mg/kg. Lahnan käyttämisessä ihmisravinnoksi ei ole rajoituksia.

Taulukko 9. Lahnoiden kappalemäärä, painojakauma, keskipaino, elohopeapitoisuusjakauma sekä keskipitoisuus vuonna 1991 Kyrkösjärven tekojärvessä.

vuosi	kpl	paino (g)		keskipaino (g)	elohopeaa (mg/kg)		keskimäärin (mg/kg)
		min	max		min	max	
1991	6	318	834	568	0.07	0.16	0.10

4.3.5 M a t e e n e l o h o p e a p i t o i s u u d e n k e h i t t y m i n e n

Kyrkösjärven altaasta on määritetty elohopeapitoisuus vuosina 1981-1989 yhteensä 27 mateesta (taulukko 10). Sieltä on siis näytekaloja heti samalta vuodelta, kun tekojärveen nostettiin vesi. Kyrkösjärvestä ei ollut kaloja altaan rakentamisen aikana, joten vuoden 1981 näytekalat ovat peräisin Seinäjoesta. Kyrkösjärveen johdetaan vesi täyttökanavaa pitkin, joka tulee Seinäjoesta. Mielenkiintoista on se, että mateisiin on alkanut kertyä elohopeaa heti altaan vesityksen jälkeen. Elohopeapitoisuus kohosi huomattavasti vuosien 1981-1987 välisenä aikana. Elohopeapitoisuus on ollut korkeimmillaan vuonna 1987, jolloin se oli keskimäärin 0.92 mg/kg. Elohopeapitoisuus on pysynyt koko ajan välillä 0.5-1.0 mg/kg. Mateita ei tulisi syödä jatkuvasti kuin enintään 0.5 kg viikossa.

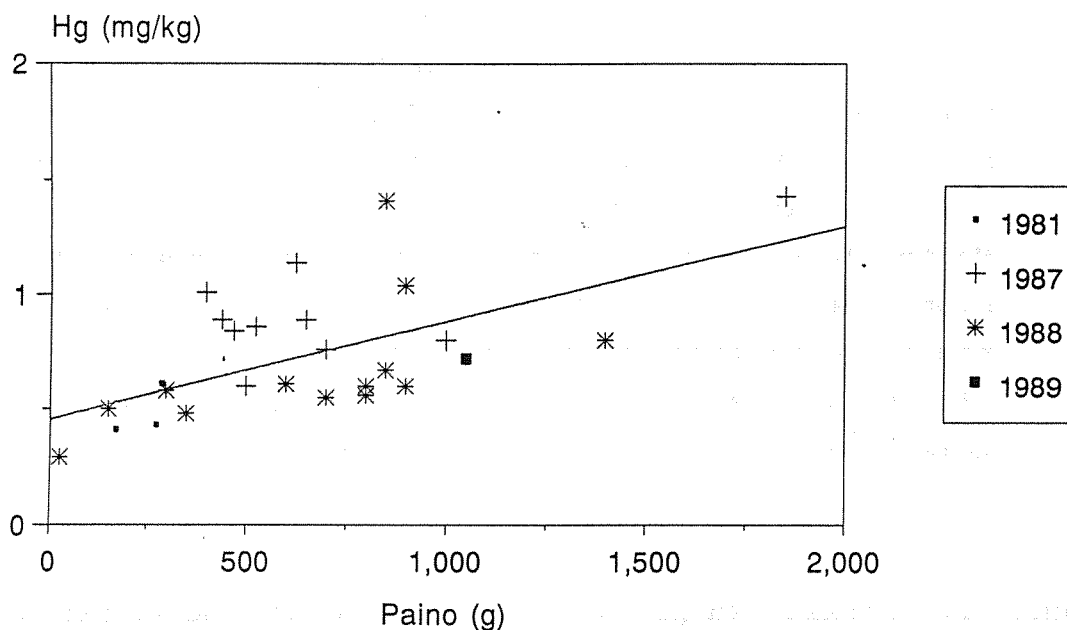
Näytekalojen elohopeapitoisuudet ovat kuvassa 17. Mateen elohopeapitoisuus oli riippuvainen kalan painosta, jonka avulla selittyi 36 % mateen elohopeapitoisuudesta. Korrelaatiokertoimen merkitsevyys oli 99.9 % (kuva 17).

Kyrkösjärvi on poikastuotannoltaan suurempi kuin Kalajärvi. Kyrkösjärvestä made siirtyy jo nuorena kalaravintoon ja kerrää myös ravinnon mukana elohopeaa nopeammin kuin Kalajärven altaan mateet (Koskenniemi, Vaasan vesi- ja ympäristöpiiri; suullinen tiedonanto 1993). Tällä selittyy myös korrelaatiokertoimen merkitsevyys näiden kahden altaan välillä (vertaa kuvia 9 ja 17 sivuilla 23 ja 33). Vuotuiset keskimääräiset elohopeapitoisuudet ja keskipainot ovat kuvassa 18.

Taulukko 10. Mateiden kappalemäärä, painojakauma, keskipaino, elohopean pitoisuusjakauma sekä keskipitoisuus eri vuosina Kyrkösjärven tekojärvestä.

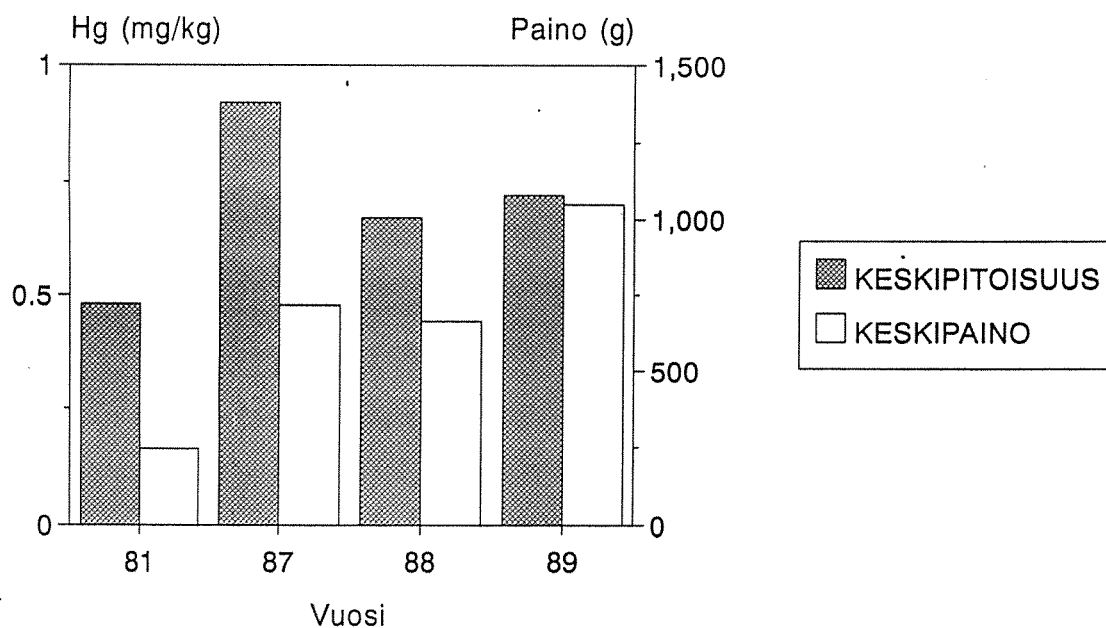
vuosi	kpl	paino (g)		keskipaino (g)	elohopeaa (mg/kg)		keskimäärin (mg/kg)
		min	max		min	max	
1981	3	170	290	245	0.41	0.61	0.48
1987	10	400	1850	716	0.60	1.43	0.92
1988	13	25	1400	663	0.29	1.41	0.67
1989	1	1050	1050	1050	0.72	0.72	0.72

MATEEN ELOHOPEAPITOISUUS KYRKÖSJÄRVI 1981-1989



Kuva 17. Mateen elohopeapitoisuus ja sen riippuvuus kalan painosta Kyrkösjärven tekojärvessä 1981-1989 (n=27, df=26; $r=0.599^{***}$, $r^2=0.359$)

MATEEN ELOHOPEAPITOISUUS KYRKÖSJÄRVI 1981-1989



Kuva 18. Mateen (n=27) keskimääräiset elohopeapitoisuudet ja keskipainot Kyrkösjärven tekojärvessä 1981-1989

4.3.6 S ä r j e n e l o h o p e a p i t o i s u u d e n k e h i t t y m i n e n

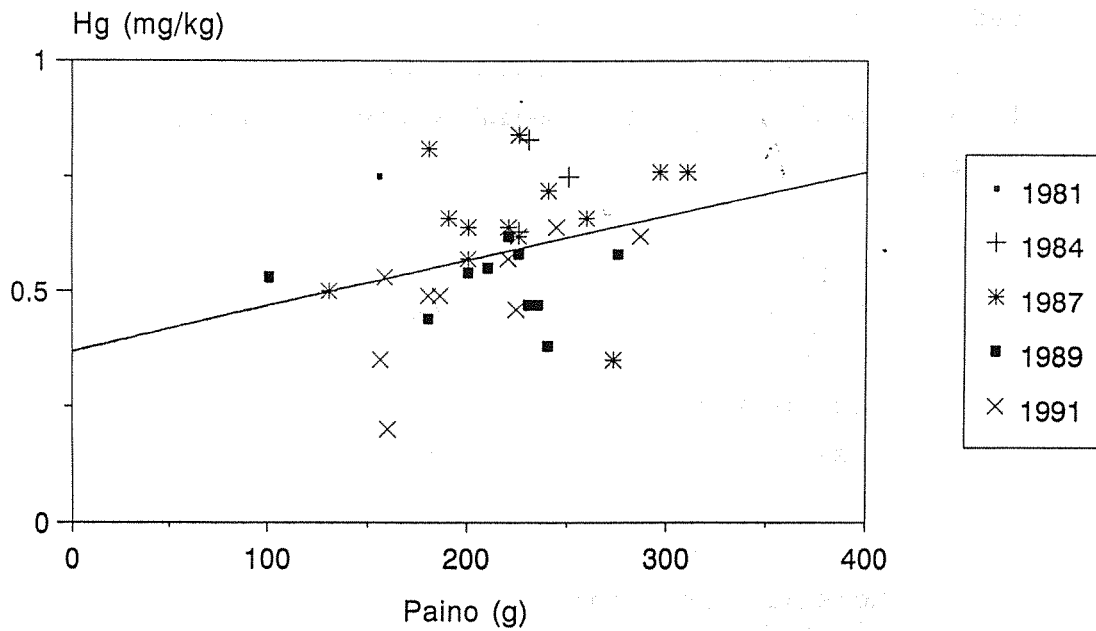
Kyrkösjärven altaasta on määritetty elohopeapitoisuus vuosina 1981-1991 yhteensä 37 särjestä (taulukko 11). Elohopeapitoisuus on ollut korkeimmillaan vuonna 1981, jolloin se oli keskimäärin 0.75 mg/kg. Elohopeapitoisuus on pysynyt koko ajan välillä 0.5-1.0 mg/kg. Särkiä ei tulisi syödä jatkuvasti kuin enintään 0.5 kg viikossa.

Näytekalojen elohopeapitoisuudet ovat kuvassa 19. Särjen elohopeapitoisuus näyttäisi olevan riippuvainen kalan painosta, mutta korrelaatiokertoimella ei ollut kuitenkaan merkitsevyyttä (kuva 19). Vuotuiset keskimääräiset elohopeapitoisuudet ja keskipainot ovat kuvassa 20.

Taulukko 11. Särkien kappalemäärä, painojakauma, keskipaino, elohopean pitoisuusjakauma sekä keskipitoisuus eri vuosina Kyrkösjärven tekojärvessä.

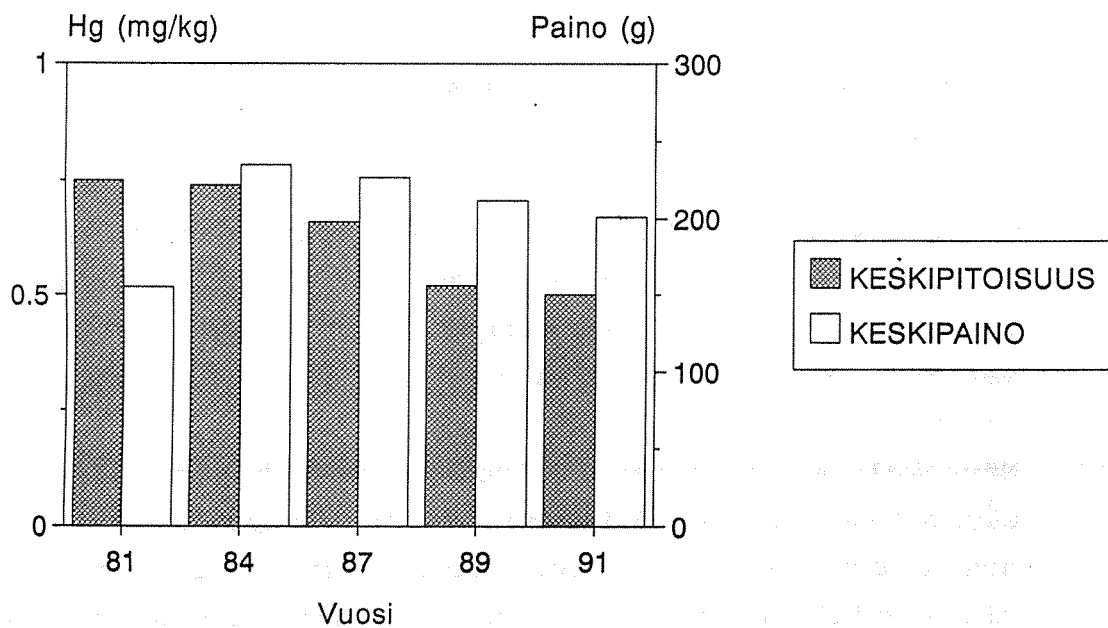
vuosi	kpl	paino (g)		keskipaino (g)	elohopeaa (mg/kg)		keskimäärin (mg/kg)
		min	max		min	max	
1981	1	155	155	155	0.75	0.75	0.75
1984	3	225	250	235	0.63	0.83	0.74
1987	13	130	310	227	0.35	0.84	0.66
1989	10	100	275	212	0.38	0.62	0.52
1991	10	156	286	201	0.20	0.64	0.50

SÄRJEN ELOHOPEAPITOISUUS KYRKÖSJÄRVI 1981-1991



Kuva 19. Särjen elohopeapitoisuus ja sen riippuvuus kalan painosta Kyrkösjärven tekojärvessä 1981-1991 (n=37, df=36; r=0.313)

SÄRJEN ELOHOPEAPITOISUUS KYRKÖSJÄRVI 1981-1991



Kuva 20. Särjen (n=37) keskimääräiset elohopeapitoisuudet ja keskipainot Kyrkösjärven tekojärvessä 1981-1991

4.4 42.074 SEINÄJÄRVI

4.4.1 J ä r v e n y l e i s k u v a u s

Seinäjärvi kuuluu Kyrönjoen vesistöalueeseen (42) ja siellä Seinäjoen vesistöalueeseen (42.074). Se sijaitsee Alavuden ja Virtain kaupunkien alueilla. Seuraavassa on koottu eräitä hydrologisia tietoja Seinäjärvestä (Vaasan vesi ja ympäristöpiiri):

valuma-alue	km ²	99
pinta-ala	km ²	8.8
tilavuus	milj.m ³	17
maksimisyvyys	m	4.2
keskisyvyys	m	1.9
järvisyys	%	10.8
teoreettinen viipymä	kk	6.4
korkeus meren pinnan yläpuolella, alaraja	m	134.00
korkeus meren pinnan yläpuolella, yläraja	m	137.50
säännöstelyväli	m	3.5

Seinäjärvessä ovat ongelmallisia korkea väriluku (lopputalvesta), alhainen pH-arvo sekä säännöstely. Väri on vaihdellut välillä 100-320 Pt mg/l (keskimäärin 210 Pt mg/l) ja pH-arvo välillä 5.2-6.9 (keskimäärin 6.1).

4.4.2 A h v e n e n e l o h o p e a p i t o i s u u d e n
k e h i t t y m i n e n

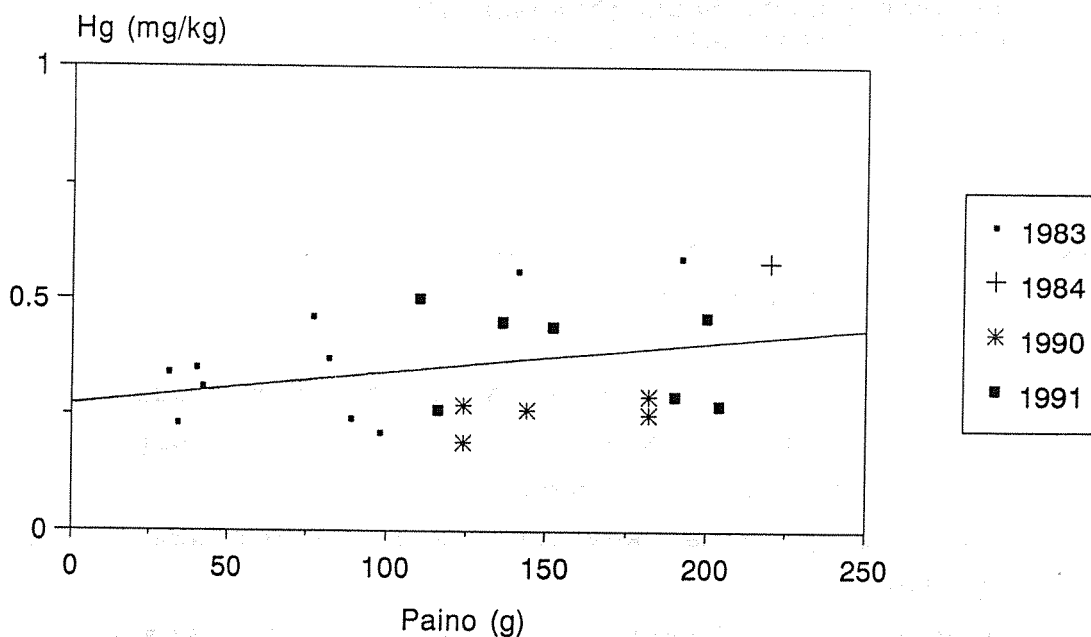
Seinäjärvestä on määritetty elohopeapitoisuus vuosina 1983-1991 yhteensä 23 ahvenesta (taulukko 12). Elohopeapitoisuus on ollut korkeimmillaan vuonna 1984, jolloin se oli keskimäärin 0.58 mg/kg. Ahvenen käyttämisessä ihmisravinnoksi ei ole rajoituksia.

Näytekalojen elohopeapitoisuudet ovat kuvassa 21. Ahvenen elohopeapitoisuus näyttäisi olevan riippuvainen kalan painosta, mutta korrelaatiokertoimella ei ollut kuitenkaan merkittävyyttä (kuva 21). Vuotuiset keskimääräiset elohopeapitoisuudet ja keskipainot ovat kuvassa 22.

Taulukko 12. Ahventen kappalemäärä, painojakauma, keskipaino, elohopean pitoisuusjakauma sekä keskipitoisuus eri vuosina Seinäjärves-
sä.

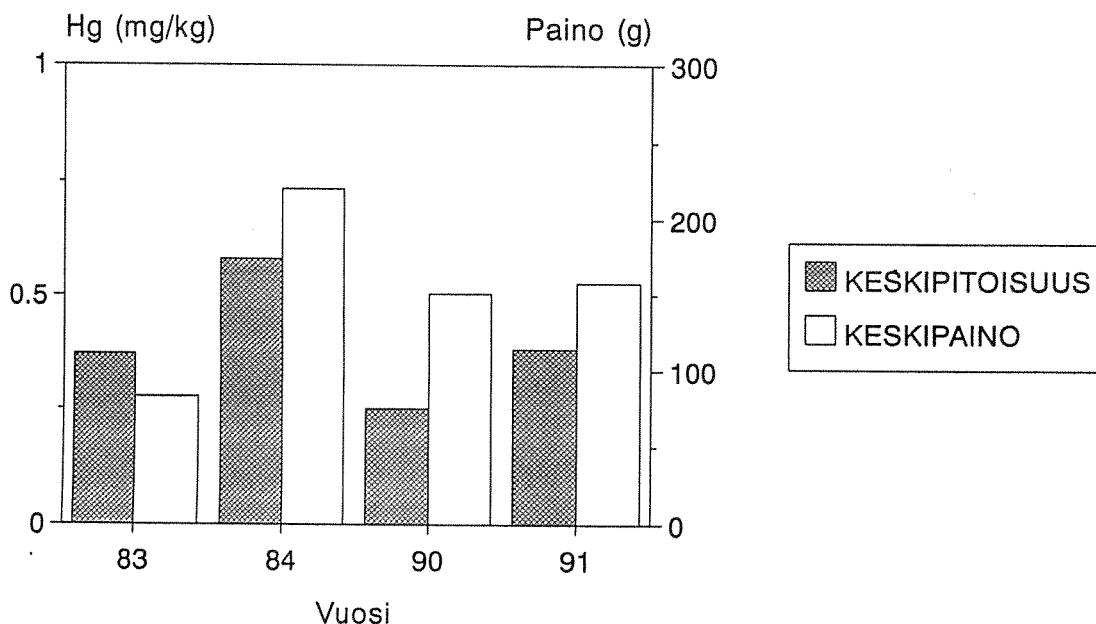
vuosi	kpl	paino (g)		keskipaino (g)	elohopeaa (mg/kg)		keskimäärin (mg/kg)
		min	max		min	max	
1983	10	31	192	83	0.21	0.59	0.37
1984	1	220	220	220	0.58	0.58	0.58
1990	5	124	182	151	0.19	0.29	0.25
1991	7	110	204	158	0.26	0.50	0.38

AHVENEN ELOHOPEAPITOISUUS SEINÄJÄRVI 1983-1991



Kuva 21. Ahvenen elohopeapitoisuus ja sen riippuvuus kalan painosta Seinäjärvessä 1983-1991
($n=23$, $df=22$; $r=0.297$)

AHVENEN ELOHOPEAPITOISUUS SEINÄJÄRVI 1983-1991



Kuva 22. Ahvenen (n=23) keskimääräiset elohopeapitoisuudet ja keskipainot Seinäjärvestä 1983-1991 (Vertaa tekoaltaisiin taulukko 23, sivu 50)

4.4.3 H a u e n e l o h o p e a p i t o i s u u d e n k e h i t t y m i n e n

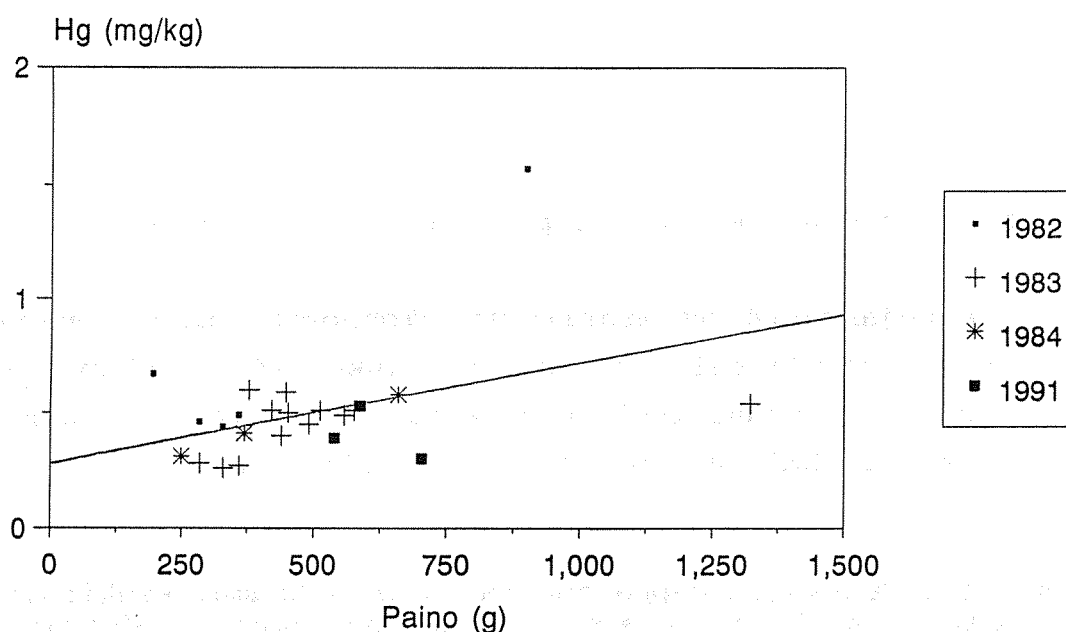
Seinäjärvestä on määritetty elohopeapitoisuus vuosina 1982-1991 yhteensä 24 hauesta (taulukko 13). Elohopeapitoisuus on ollut korkeimmillaan vuonna 1982, jolloin se oli keskimäärin 0.73 mg/kg. Hauen käyttämisessä ihmisravinnoksi ei ole rajoituksia.

Näytekalojen elohopeapitoisuudet ovat kuvassa 23. Hauen elohopeapitoisuus oli riippuvainen kalan painosta, jonka avulla selittyi 17 % hauen elohopeapitoisuudesta. Korrelaatio-kertoimen merkitsevyys oli 95 % (kuva 23). Vuotuiset keskimääräiset elohopeapitoisuudet ja keskipainot ovat kuvassa 24.

Taulukko 13. Haukien kappalemäärä, painojakauma, keskipaino, elohopean pitoisuusjakauma sekä keskipitoisuus eri vuosina Seinäjärves-
sä.

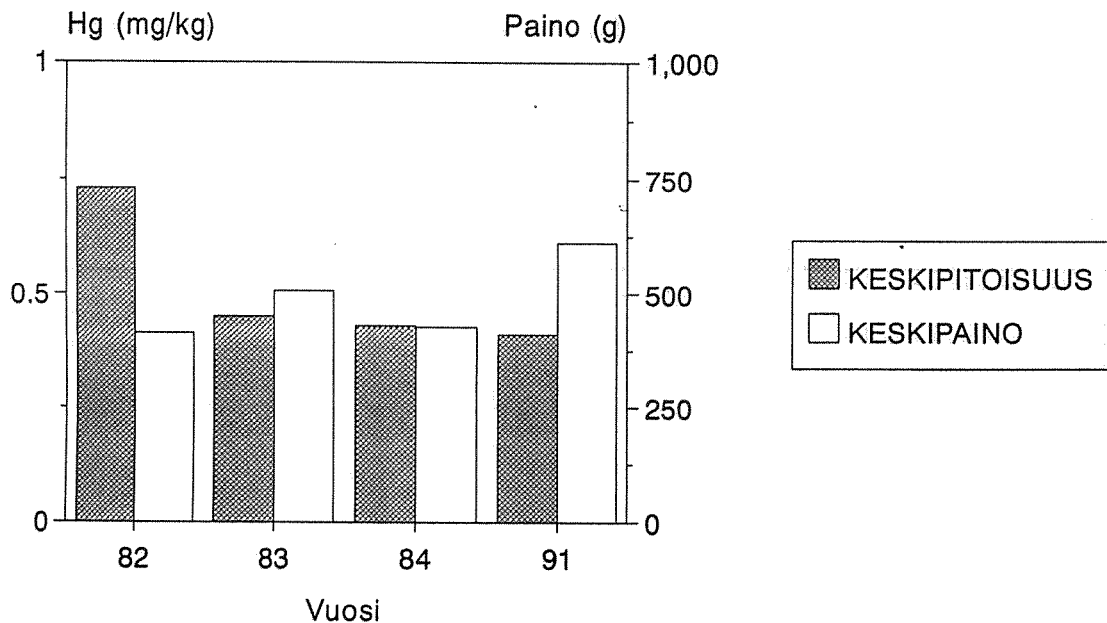
vuosi	kpl	paino (g)		keskipaino (g)	elohopeaa (mg/kg)		keskimäärin (mg/kg)
		min	max		min	max	
1982	5	197	900	414	0.44	1.57	0.73
1983	13	285	1322	506	0.26	0.60	0.45
1984	3	250	660	427	0.31	0.58	0.43
1991	3	540	704	611	0.30	0.53	0.41

HAUEN ELOHOPEAPITOISUUS SEINÄJÄRVI 1982-1991



Kuva 23. Hauen elohopeapitoisuus ja sen riippuvuus kalan painosta Seinäjärvessä 1982-1991
($n=24$, $df=23$; $r=0.410^*$, $r^2=0.168$)

HAUEN ELOHOPEAPITOISUUS SEINÄJÄRVI 1982-1991



Kuva 24. Hauen (n=24) keskimääräiset elohopeapitoisuudet ja keskipainot Seinäjärvessä 1982-1991
(Vertaa tekoaltaisiin taulukko 24, sivu 51)

4.4.4 Muikun elohopeapitoisuus

Seinäjärvestä on määritetty elohopeapitoisuus vuonna 1990 yhteensä viidestä muikusta (taulukko 14). Elohopeapitoisuus on ollut vuonna 1990 keskimäärin 0.17 mg/kg. Muikun käyttämisessä ihmisravinnoksi ei ole rajoituksia.

Taulukko 14. Muikkujen kappalemäärä, painojakauma, keskipaino, elohopean pitoisuusjakauma sekä keskipitoisuus vuonna 1990 Seinäjärvessä.

vuosi	kpl	paino (g)		keskipaino (g)	elohopeaa (mg/kg)		keskimäärin (mg/kg)
		min	max		min	max	
1990	5	20	30	24	0.15	0.19	0.17

4.4.5 Siian elohopeapitoisuuden kehittyminen

Seinäjärvestä on määritetty elohopeapitoisuus vuosina 1990-1991 yhteensä viidestä siasta (taulukko 15). Elohopeapitoisuus on ollut vuonna 1990 keskimäärin 0.14 mg/kg ja vuonna 1991 0.07 mg/kg. Siian käyttämisessä ihmisravinnoksi ei ole rajoituksia.

Taulukko 15. Siikojen kappalemäärä, painojakauma, keskipaino, elohopean pitoisuusjakauma sekä keskipitoisuus eri vuosina Seinäjärvestä.

vuosi	kpl	paino (g)		keskipaino (g)	elohopeaa (mg/kg)		keskimäärin (mg/kg)
		min	max		min	max	
1990	1	144	144	144	0.14	0.14	0.14
1991	4	50	334	217	0.07	0.09	0.07

4.4.6 Särjen elohopeapitoisuuden kehittyminen

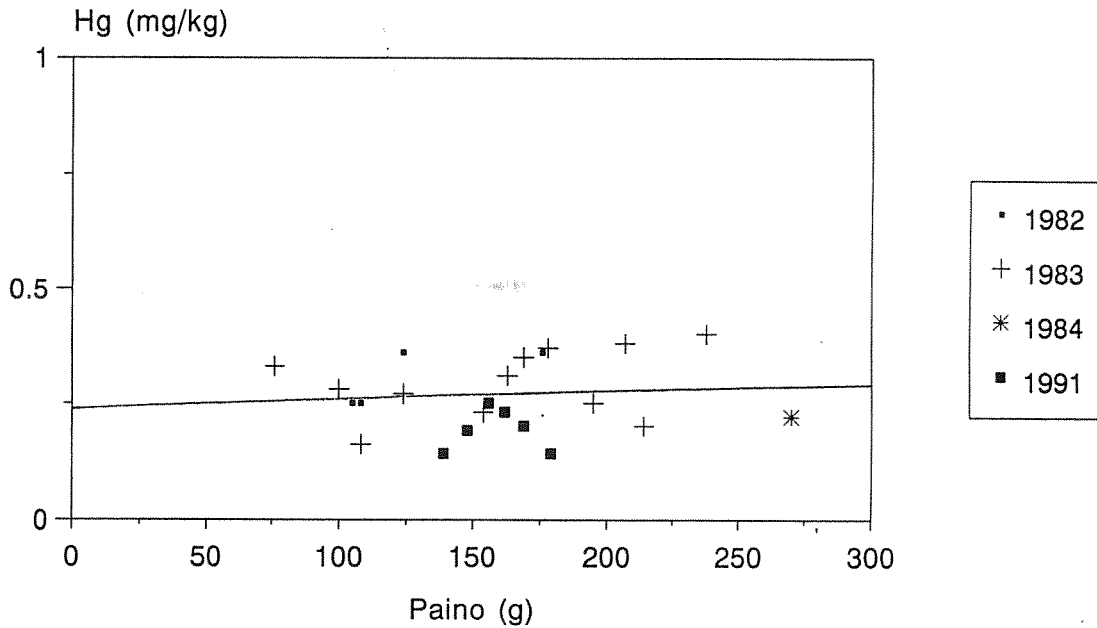
Seinäjärvestä on määritetty elohopeapitoisuus vuosina 1982-1991 yhteensä 23 särjestä (taulukko 16). Elohopeapitoisuus on ollut korkeimmillaan vuonna 1982, jolloin se oli keskimäärin 0.31 mg/kg. Särjen käyttämisessä ihmisravinnoksi ei ole rajoituksia.

Näytekalojen elohopeapitoisuudet ovat kuvassa 25. Särjen elohopeapitoisuus näyttäisi olevan riippuvainen kalan painosta, mutta korrelaatiokertoimella ei ollut kuitenkaan merkitsevyyttä (kuva 25). Vuotuiset keskimääräiset elohopeapitoisuudet ja keskipainot ovat kuvassa 26.

Taulukko 16. Särkien kappalemäärä, painojakauma, keskipaino, elohopean pitoisuusjakauma sekä keskipitoisuus eri vuosina Seinäjärvestä.

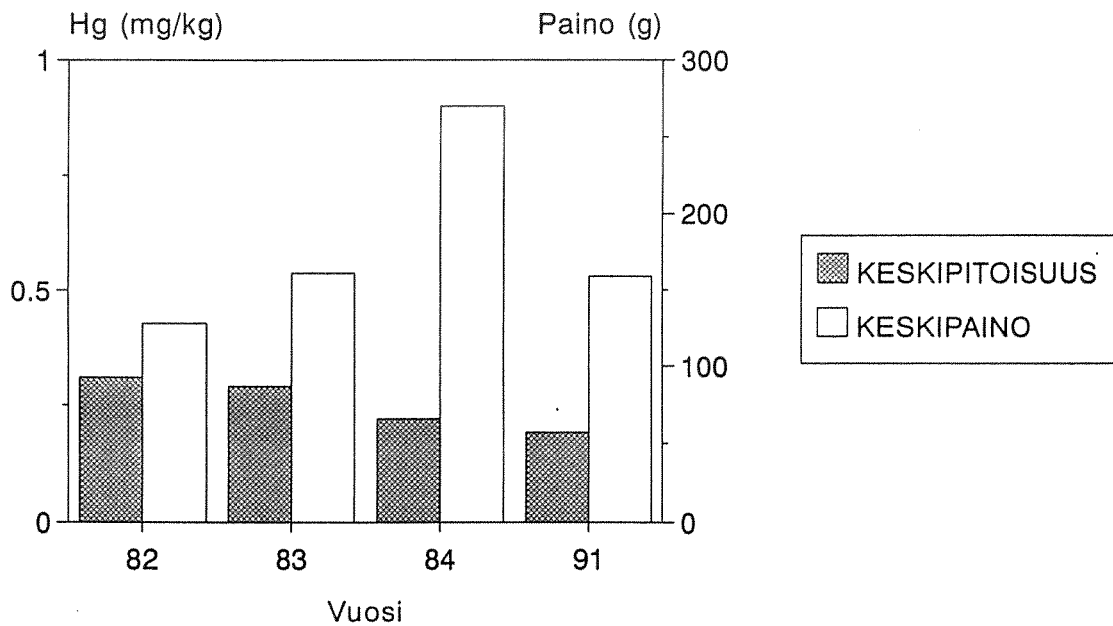
vuosi	kpl	paino (g)		keskipaino (g)	elohopeaa (mg/kg)		keskimäärin (mg/kg)
		min	max		min	max	
1982	4	105	176	128	0.25	0.36	0.31
1983	12	76	238	161	0.16	0.40	0.29
1984	1	270	270	270	0.22	0.22	0.22
1991	6	139	179	159	0.14	0.25	0.19

SÄRJEN ELOHOPEAPITOISUUS SEINÄJÄRVI 1982-1991



Kuva 25. Särjen elohopeapitoisuus ja sen riippuvuus kalan painosta Seinäjärvessä 1982-1991
($n=23$, $df=22$; $r=0.113$)

SÄRJEN ELOHOPEAPITOISUUS SEINÄJÄRVI 1982-1991



Kuva 26. Särjen ($n=23$) keskimääräiset elohopeapitoisuudet ja keskipainot Seinäjärvessä 1982-1991
(Vertaa tekoaltaisiin taulukko 25, sivu 52)

47 ÄHTÄVÄNJOEN VESISTÖALUE

4.5 47.043 ALAJÄRVI

4.5.1 Järven yleiskuvaus

Alajärvi kuuluu Ähtävänjoen vesistöalueeseen (47) ja sielä Alajärven alueeseen (47.043). Se sijaitsee Alajärven kaupungin alueella. Seuraavassa on koottu eräitä hydrologisia tietoja Alajärvestä (Vaasan vesi- ja ympäristöpiiri):

valuma-alue	km ²	465
pinta-ala	km ²	11.6
tilavuus	milj.m ³	23
maksimisyvyys	m	7.2
keskisyvyys	m	2.0
järvisyys	%	4.8
teoreettinen viipymä	kk	1.3
korkeus meren pinnan yläpuolella, alaraja	m	103.00
korkeus meren pinnan yläpuolella, yläraja	m	104.15
säännöstelyväli	m	1.15

Alajärvestä ovat ongelmallisia mm. talvisin (lopputalvesta) esiintyvä hapettomuus alusvedessä (1 m pohjan yläpuolella), korkea väriluku talvella, alhainen pH-arvo lopputalvesta sekä säännöstely. Väri on vaihdellut välillä 120-1000 Pt mg/l (keskimäärin 560 Pt mg/l) ja pH-arvo välillä 5.3-7.3 (keskimäärin 6.3).

Alajärven säännöstelyä on muutettu 1900-luvulla siten, että vuonna 1937 annetun ja vuonna 1949 täydennetyn päätöksen mukaisesti järven tulvakorkeutta ja keskiveden korkeutta laskettiin n. 50 cm ja aliveden korkeutta n. 30 cm (Koi-vusaari 1992).

Alajärven uusi säännöstelypato valmistui syksyllä 1981 ja vuodesta 1982 lähtien järveä on säännöstelty uuden luvan mukaisesti.

Uudella luvalla nostettiin aiemman luvan perusteella 50 cm keskivedestä aikanaan laskettu järvi takaisin siten, että vedenpinnan alarajaksi asetettiin kesäkuukausien ajaksi 55 cm korkeampi ja ylärajaksi koko vuoden ajalle 85 cm

korkeampi taso kuin aiempi taso (103.15 m) oli (Koivusaari 1992).

Säännöstelyn alarajan asettaminen tasoon N43 +103.00 m (ajalle 1.4.-20.5.) merkitsi Alajärven säännöstelymahdollisuuksien huomattavaa tehostumista (Koivusaari 1992).

4.5.2 Ahvenen elohopeapitoisuuden kehittyminen

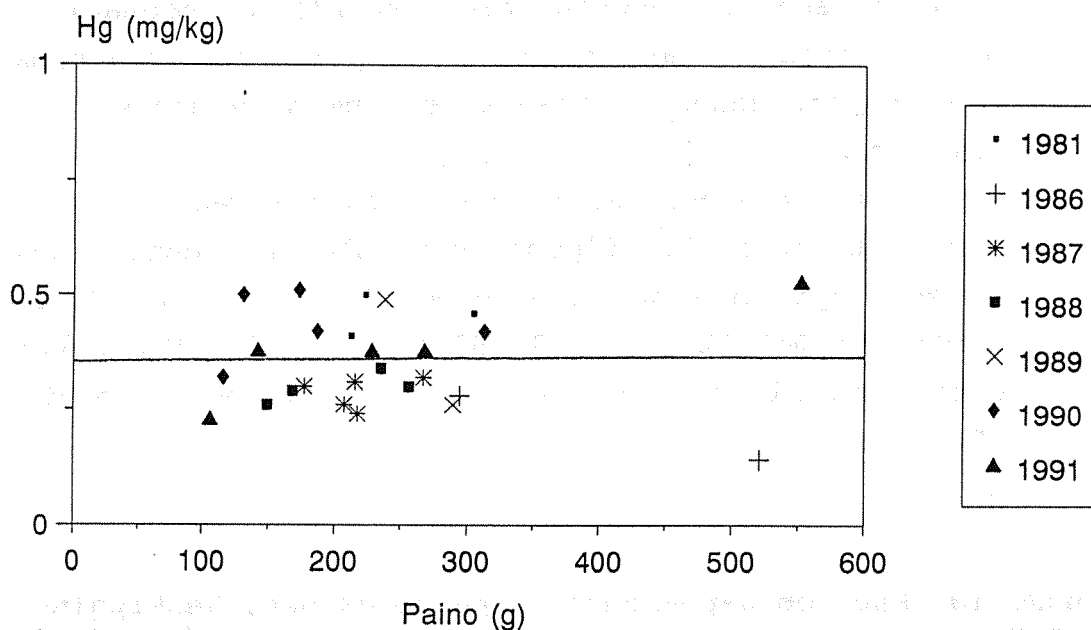
Alajärvestä on määritetty elohopeapitoisuus vuosina 1981-1991 yhteensä 26 ahvenesta (taulukko 17). Elohopeapitoisuus on ollut korkeimmillaan vuonna 1981, jolloin se oli keskimäärin 0.46 mg/kg. Ahvenen käyttämisessä ihmisravinnoksi ei ole rajoituksia.

Näytekalojen elohopeapitoisuudet ovat kuvassa 27. Ahvenen elohopeapitoisuus näyttäisi olevan riippuvainen kalan painosta, mutta korrelaatiokertoimella ei ollut kuitenkaan merkitsevyyttä (kuva 27). Vuotuiset keskimääräiset elohopeapitoisuudet ja keskipainot ovat kuvassa 28.

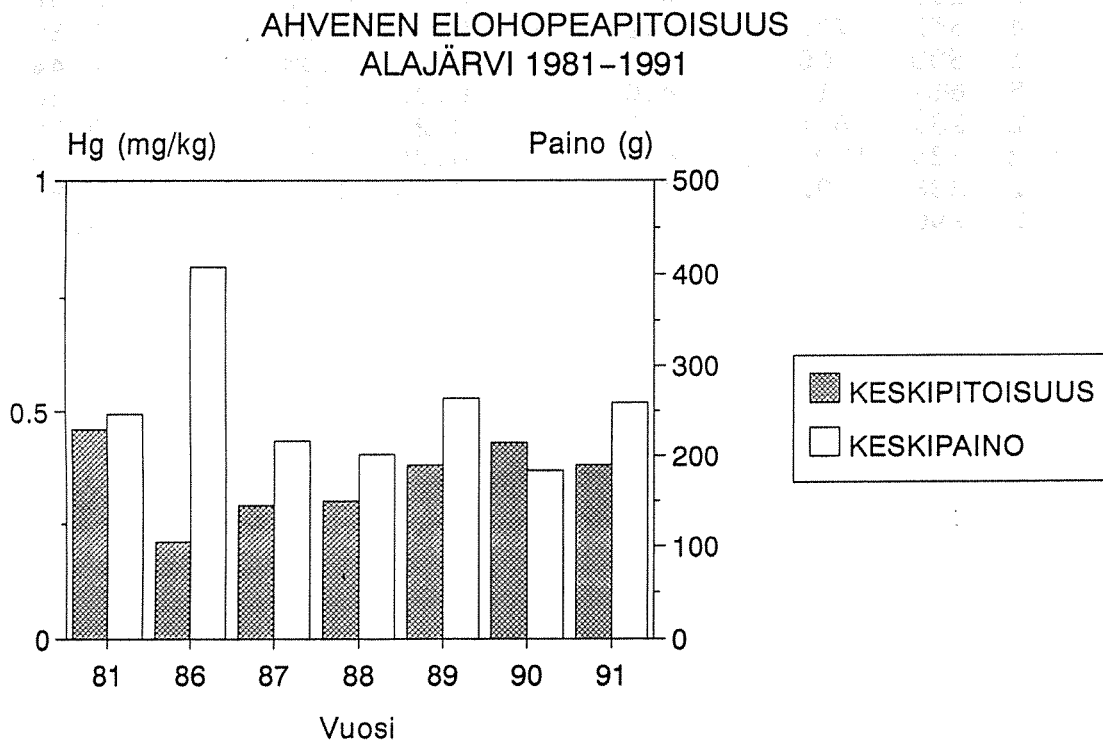
Taulukko 17. Ahventen kappalemäärä, painojakauma, keskipaino, elohopean pitoisuusjakauma sekä keskipitoisuus eri vuosina Alajärvässä.

vuosi	kpl	paino (g)		keskipaino (g)	elohopeaa (mg/kg)		keskimäärin (mg/kg)
		min	max		min	max	
1981	3	212	305	247	0.41	0.50	0.46
1986	2	294	521	408	0.14	0.28	0.21
1987	5	177	267	217	0.24	0.32	0.29
1988	4	149	256	202	0.26	0.34	0.30
1989	2	238	289	264	0.26	0.49	0.38
1990	5	116	313	184	0.32	0.51	0.43
1991	5	106	552	259	0.23	0.53	0.38

AHVENEN ELOHOPEAPITOISUUS ALAJÄRVI 1981-1991



Kuva 27. Ahvenen elohopeapitoisuus ja sen riippuvuus kalan painosta Alajärvessä 1981-1991 (n=26, df=25; r=0.015)



Kuva 28. Ahvenen (n=26) keskimääräiset elohopeapitoisuudet ja keskipainot Alajärvessä 1981-1991 (Vertaa tekoaltaisiin taulukko 23, sivu 50)

4.5.3 H a u e n e l o h o p e a p i t o i s u u d e n k e h i t t y m i n e n

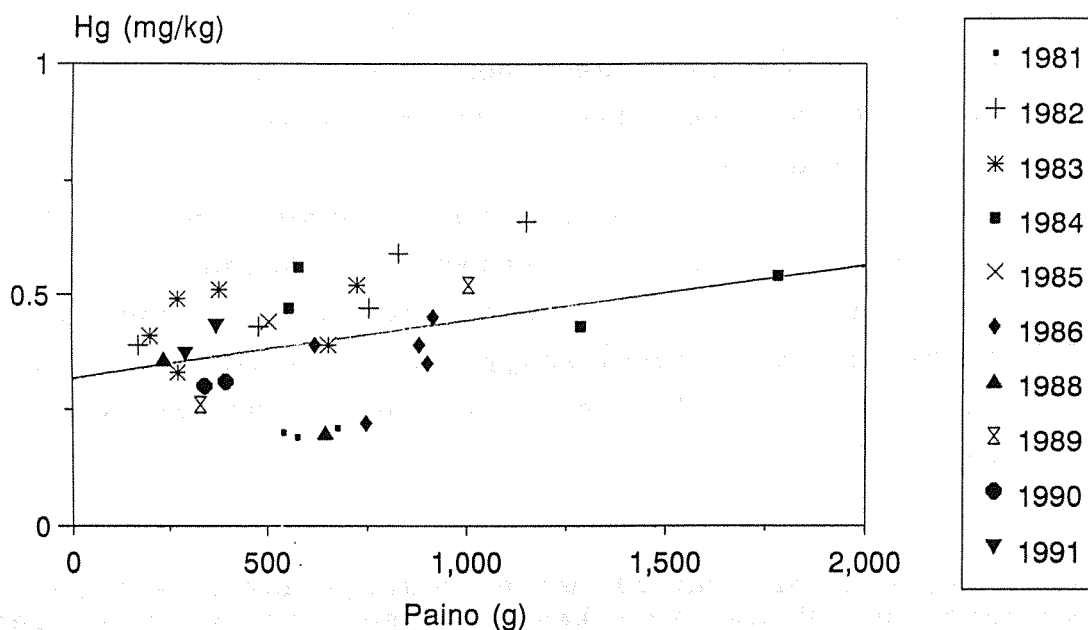
Alajärvestä on määritetty elohopeapitoisuus vuosina 1981-1991 yhteensä 32 hauesta (taulukko 18). Elohopeapitoisuus on ollut korkeimmillaan vuonna 1982, jolloin se oli keskimäärin 0.51 mg/kg. Hauen käyttämisessä ihmisravinnoksi ei ole rajoituksia.

Näytekalojen elohopeapitoisuudet ovat kuvassa 29. Hauen elohopeapitoisuus oli riippuvainen kalan painosta, jonka avulla selittyi 13 % hauen elohopeapitoisuudesta. Korrelaatio-kertoimen merkitsevyys oli 95 % (kuva 29). Vuotuiset keskimääräiset elohopeapitoisuudet ja keskipainot ovat kuvassa 30.

Taulukko 18. Haukien kappalemäärä, painojakauma, keskipaino, elohopean pitoisuusjakauma sekä keskipitoisuus eri vuosina Alajärvässä.

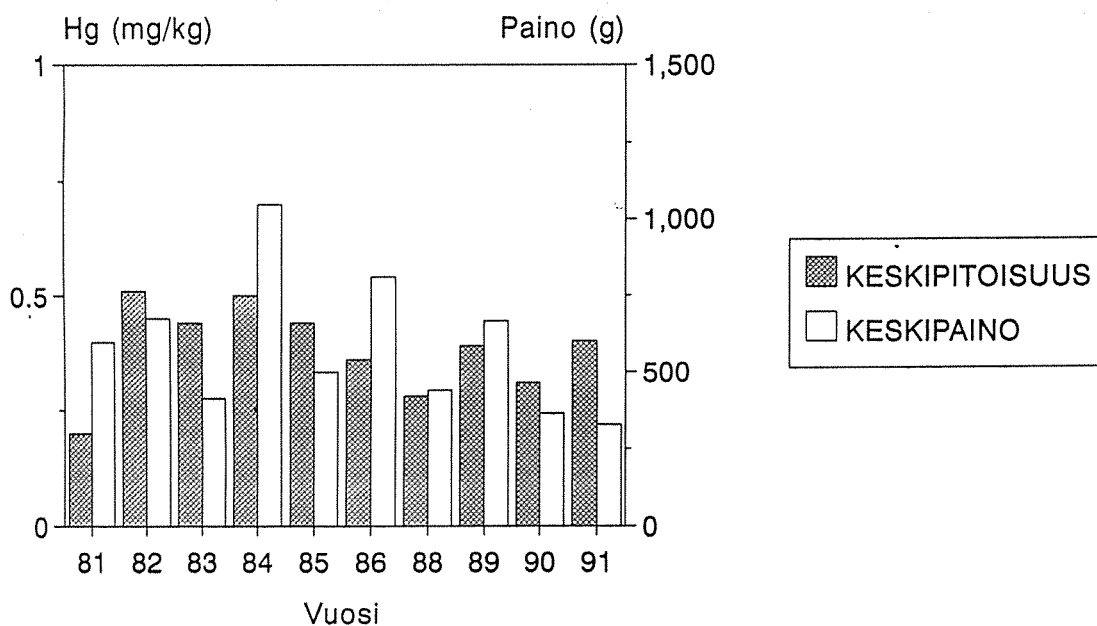
vuosi	kpl	paino (g)		keskipaino (g)	elohopeaa (mg/kg)		keskimäärin (mg/kg)
		min	max		min	max	
1981	3	540	675	597	0.19	0.21	0.20
1982	5	170	1150	674	0.39	0.66	0.51
1983	6	200	720	414	0.33	0.52	0.44
1984	4	550	1780	1048	0.43	0.56	0.50
1985	1	500	500	500	0.44	0.44	0.44
1986	5	617	912	810	0.22	0.45	0.36
1988	2	234	644	439	0.20	0.36	0.28
1989	2	328	1002	665	0.26	0.52	0.39
1990	2	338	392	365	0.30	0.31	0.31
1991	2	290	368	329	0.37	0.43	0.40

HAUEN ELOHOPEAPITOISUUS ALAJÄRVI 1981-1991



Kuva 29. Hauen elohopeapitoisuus ja sen riippuvuus kalan painosta Alajärvessä 1981-1991
($n=32$, $df=31$; $r=0.353^*$, $r^2=0.125$)

HAUEN ELOHOPEAPITOISUUS ALAJÄRVI 1981-1991



Kuva 30. Hauen ($n=32$) keskimääräiset elohopeapitoisuudet ja keskipainot Alajärvessä 1981-1991.
(Vertaa tekoaltaisiin taulukko 24, sivu 51)

4.5.4 L a h n a n e l o h o p e a p i t o i s u u d e n k e h i t t y m i n e n

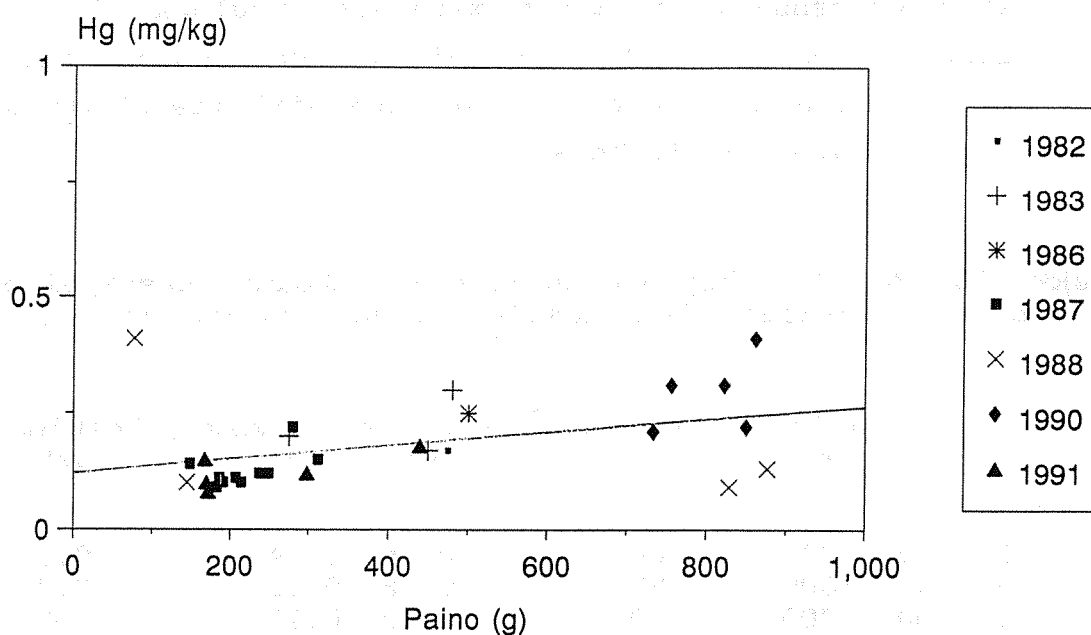
Alajärvestä on määritetty elohopeapitoisuus vuosina 1982-1991 yhteensä 29 lahnasta (taulukko 19). Elohopeapitoisuus on ollut korkeimmillaan vuonna 1990, jolloin se oli keskimäärin 0.29 mg/kg. Lahnan käyttämisessä ihmisravinnoksi ei ole rajoituksia.

Näytekalojen elohopeapitoisuudet ovat kuvassa 31. Lahnan elohopeapitoisuus oli riippuvainen kalan painosta, jonka avulla selittyi 18 % lahnan elohopeapitoisuudesta. Korrelaatiokertoimen merkitsevyys oli 95 % (kuva 31). Vuotuiset keskimääräiset elohopeapitoisuudet ja keskipainot ovat kuvassa 32.

Taulukko 19. Lahnojen kappalemäärä, painojakauma, keskipaino, elohopean pitoisuusjakauma sekä keskipitoisuus eri vuosina Alajärvesä.

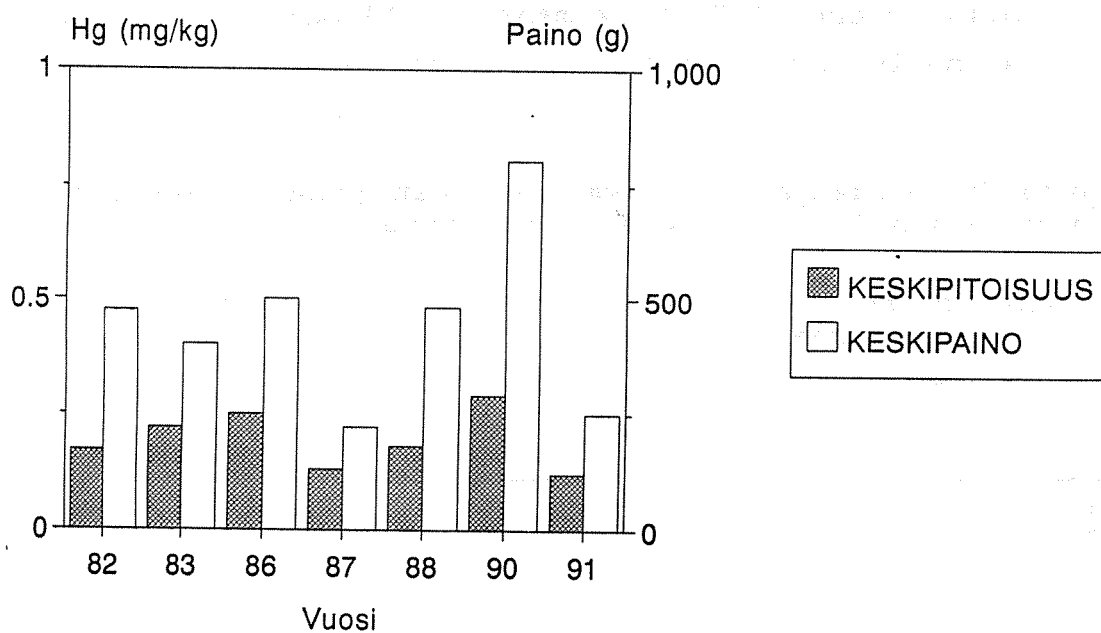
vuosi	kpl	paino (g)		keskipaino (g)	elohopeaa (mg/kg)		keskimäärin (mg/kg)
		min	max		min	max	
1982	1	475	475	475	0.17	0.17	0.17
1983	3	275	480	402	0.17	0.30	0.22
1986	1	501	501	501	0.25	0.25	0.25
1987	10	149	280	221	0.09	0.22	0.13
1988	4	78	877	482	0.09	0.41	0.18
1990	5	733	862	805	0.21	0.41	0.29
1991	5	168	440	250	0.08	0.18	0.12

LAHNAN ELOHOPEAPITOISUUS ALAJÄRVI 1982-1991



Kuva 31. Lahnan elohopeapitoisuus ja sen riippuvuus kalan painosta Alajärvessä 1982-1991
($n=29$, $df=28$; $r=0.425^*$, $r^2=0.181$)

LAHNAN ELOHOPEAPITOISUUS ALAJÄRVI 1982-1991



Kuva 32. Lahnan ($n=29$) keskimääräiset elohopeapitoisuudet ja keskipainot Alajärvessä 1982-1991

4.5.5 M a t e e n e l o h o p e a p i t o i s u u d e n k e h i t t y m i n e n

Alajärvestä on määritetty elohopeapitoisuus vuosina 1981-1986 yhteensä seitsemästä mateesta (taulukko 20). Elohopeapitoisuus on ollut korkeimmillaan vuonna 1984, jolloin se oli keskimäärin 0.35 mg/kg. Mateen käyttämisessä ihmisravinnoksi ei ole rajoituksia.

Taulukko 20. Mateiden kappalemäärä, painojakauma, keskipaino, elohopean pitoisuusjakauma sekä keskipitoisuus eri vuosina Alajärves-
sä.

vuosi	kpl	paino (g)		keskipaino (g)	elohopeaa (mg/kg)		keskimäärin (mg/kg)
		min	max		min	max	
1981	2	500	786	643	0.16	0.24	0.20
1984	3	505	1000	772	0.28	0.42	0.35
1985	1	300	300	300	0.22	0.22	0.22
1986	1	513	513	513	0.15	0.15	0.15

4.5.6 M u i k u n e l o h o p e a p i t o i s u u s

Alajärvestä on määritetty elohopeapitoisuus vuonna 1991 yhteensä viidestä muikusta (taulukko 21). Elohopeapitoisuus on ollut vuonna 1991 keskimäärin 0.14 mg/kg. Muikun käyttämisessä ihmisravinnoksi ei ole rajoituksia.

Taulukko 21. Muikkujen kappalemäärä, painojakauma, keskipaino, elohopean pitoisuusjakauma sekä keskipitoisuus vuonna 1991 Alajärvessä.

vuosi	kpl	paino (g)		keskipaino (g)	elohopeaa (mg/kg)		keskimäärin (mg/kg)
		min	max		min	max	
1991	5	26	46	36	0.13	0.15	0.14

4.5.7 Särjen elohopeapitoisuuden kehittyminen

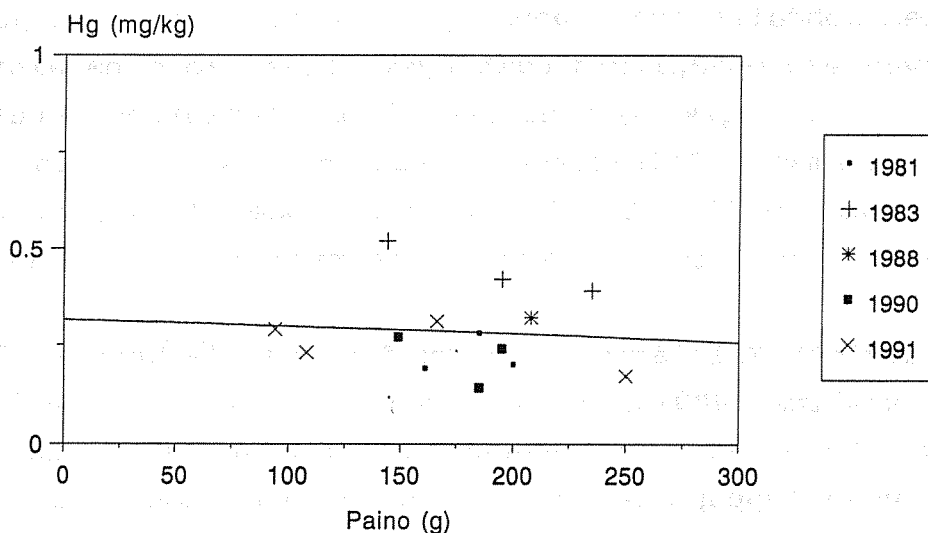
Alajärvestä on määritetty elohopeapitoisuus vuosina 1981-1991 yhteensä 14 särjestä (taulukko 22). Elohopeapitoisuus on ollut korkeimmillaan vuonna 1983, jolloin se oli keskimäärin 0.44 mg/kg. Särjen käyttämisessä ihmisravinnoksi ei ole rajoituksia.

Näytekalojen elohopeapitoisuudet ovat kuvassa 33. Särjen elohopeapitoisuus ei ollut riippuvainen kalan painosta, sillä sen korrelaatiokerroin oli jopa lievästi negatiivinen (kuva 33). Vuotuiset keskimääräiset elohopeapitoisuudet ja keskipainot ovat kuvassa 34.

Taulukko 22. Särkien kappalemäärä, painojakauma, keskipaino, elohopean pitoisuusjakauma sekä keskipitoisuus eri vuosina Alajärvestä.

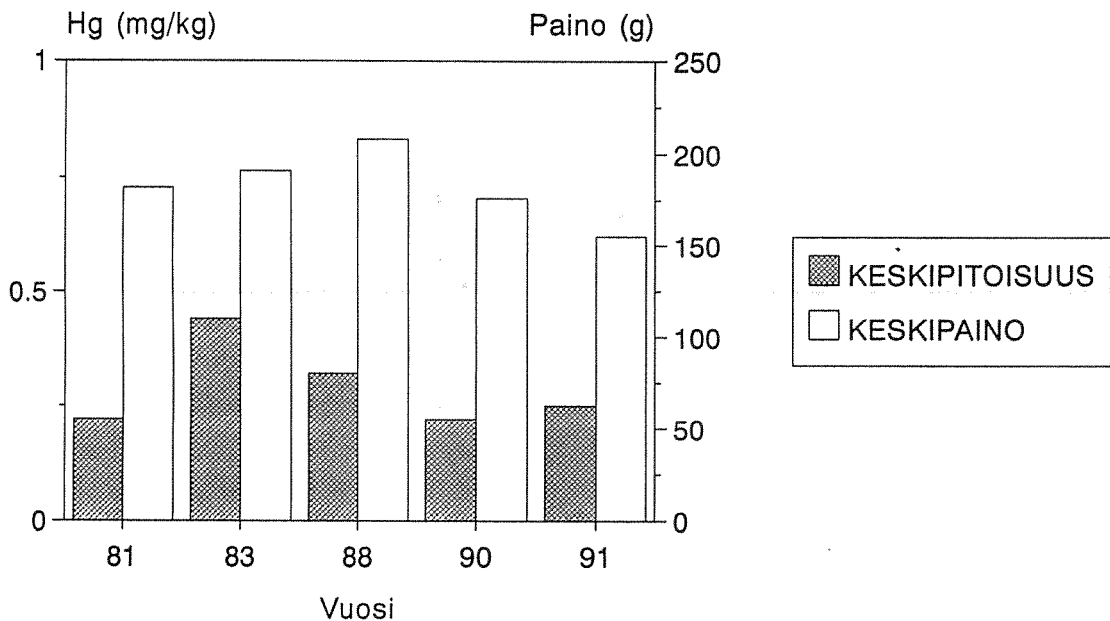
vuosi	kpl	paino (g)		keskipaino (g)	elohopeaa (mg/kg)		keskimäärin (mg/kg)
		min	max		min	max	
1981	3	161	200	182	0.19	0.28	0.22
1983	3	144	235	191	0.39	0.52	0.44
1988	1	208	208	208	0.32	0.32	0.32
1990	3	149	195	176	0.14	0.27	0.22
1991	4	94	250	155	0.17	0.31	0.25

SÄRJEN ELOHOPEAPITOISUUS
ALAJÄRVI 1981-1991



Kuva 33. Särjen elohopeapitoisuus ja sen riippuvuus kalan painosta Alajärvestä 1981-1991 (n=14, df=13; r=-0.092)

SÄRJEN ELOHOPEAPITOISUUS ALAJÄRVI 1981-1991



Kuva 34. Särjen (n=14) keskimääräiset elohopeapitoisuudet ja keskipainot Alajärvessä 1981-1991
(Vertaa tekoaltaisiin taulukko 25, sivu 52)

4.6 ELOHOPEAPITOISUUDEN KEHITTYMINEN ERI JÄRVISSÄ

4.6.1 Ahvenen elohopeapitoisuuden kehittyminen

Ahvenen kohdalla ovat luonnonjärvien eli Alajärven ja Seinäjärven elohopeapitoisuudet pysytelleet koko havaintojakson alle 0.5 mg/kg eli niissä ei ole tapahtunut muutosta, lukuunottamatta Seinäjärvellä vuotta 1984, jolloin pitoisuus nousi välille 0.5-1.0 mg/kg. Vuoden 1984 pitoisuuden kohoaminen selittyy suuremmilla näytekalloilla kyseisenä vuonna.

Tekojärvistä Kalajärven pitoisuudet ovat laskeneet yli 1.0 mg/kg tasolta 1980-luvun puolivälin jälkeen tasolle 0.5-1.0 mg/kg. Kivi- ja Levalammessa pitoisuudet ovat laskeneet 1980-luvun loppupuolella pienten ahventen kohdalla yli 1.0 mg/kg tasolta 0.5-1.0 mg/kg tasolle. Suurissa ahvenissa on vielä elohopeaa yli 1.0 mg/kg.

Kyrkösjärven pitoisuudet ovat pysytelleet koko havaintojakson tasolla 0.5-1.0 mg/kg, joten elohopeapitoisuudessa ei ole tapahtunut muutosta.

Taulukko 23. Vertailu ahvenen elohopeapitoisuuden kehittymisestä eri vuosina Alajärvässä, Seinäjärvässä, Kalajärven tekojärvässä, Kivi- ja Levalammen tekojärvässä ja Kyrkösjärven tekojärvässä.

	Luonnonjärvet		Tekojärvet		
	Alajärvi	Seinäjärvi	Kalajärvi	Kivi- ja Levalampi	Kyrkösjärvi
1981	0.46		1.51	1.43	0.30*
1982			1.23	1.77	
1983		0.37			
1984		0.58	1.19		0.94
1986	0.21				
1987	0.29				0.90
1988	0.30		0.44	0.99	
1989	0.38			0.42	0.81
1990	0.43	0.25	0.60	1.00	
1991	0.38	0.38	0.64	0.45	0.45

* Ahvenet ovat peräisin Seinäjoesta

4.6.2 H a u e n e l o h o p e a p i t o i s u u d e n k e h i t t y m i n e n

Hauen kohdalla luonnonjärvien eli Alajärven ja Seinäjärven elohopeapitoisuudet ovat vaihdelleet 0.5 mg/kg molemmiin puolin. 1980-luvun alkupuolella pitoisuudet nousivat välillä 0.5-1.0 mg/kg, mutta ne laskivat 1980-luvun puolivälin jälkeen alle 0.5 mg/kg.

Tekojärvistä Kalajärven pitoisuudet ovat laskeneet yli 1.0 mg/kg tasolta 1980-luvun loppupuolella tasolle 0.5-1.0 mg/kg. Suurten haukien (yli 1 kg) pitoisuudet ovat vielä yli 1.0 mg/kg ja pienten haukien pitoisuudet ovat välillä 0.5-1.0 mg/kg.

Kivi- ja Levalammessa pitoisuudet ovat pysytelleet 1980-luvun loppupuolelle asti yli 1.0 mg/kg. Vuonna 1991 ovat elohopeapitoisuudet laskeneet tasolle 0.5-1.0 mg/kg. Suurten haukien (yli 1 kg) pitoisuudet ovat vielä yli 1.0 mg/kg ja pienten haukien pitoisuudet ovat välillä 0.5-1.0 mg/kg.

Kyrkösjärven pitoisuudet ovat pysytelleet koko havaintojakson tasolla 0.5-1.0 mg/kg, paitsi vuonna 1987.

Elohopeapitoisuutta kohotti tuolloin yksi iso hauki, mutta ilman tätäkin yksilöä pitoisuus oli yli 1.0 mg/kg.

Taulukko 24. Vertailu hauen elohopeapitoisuuden kehittymisestä eri vuosina Alajärvessä, Seinäjärvessä, Kalajärven tekojärvessä, Kivi- ja Levalammen tekojärvessä ja Kyrkösjärven tekojärvessä.

Luonnonjärvet			Tekojärvet		
Alajärvi	Seinäjärvi		Kalajärvi	Kivi- ja Levalampi	Kyrkösjärvi
1979			1.70		
1981	0.20		1.38	3.04	0.58*
1982	0.51	0.73	1.49		0.96
1983	0.44	0.45	1.09		
1984	0.50	0.43	1.51		0.82
1985	0.44				
1986	0.36				
1987			0.48		1.26
1988	0.28		0.69	1.71	
1989	0.39		0.58	0.99	0.97
1990	0.31		0.69	1.03	
1991	0.40	0.41	0.68	0.70	0.89

* Hauet ovat peräisin Seinäjoesta

4.6.3 Särjen elohopeapitoisuuden kehittyminen

Särjen kohdalla ovat luonnonjärvien eli Alajärven ja Seinäjärven elohopeapitoisuudet pysytelleet koko havaintojakson alle 0.5 mg/kg, joten niissä ei ole tapahtunut muutosta. Tekojärvistä Kalajärven pitoisuudet ovat laskeneet yli 1.0 mg/kg tasolta vuonna 1984 tasolle 0.5-1.0 mg/kg.

Kyrkösjärven pitoisuudet ovat pysytelleet koko havaintojakson tasolla 0.5-1.0 mg/kg, joten elohopeapitoisuudessa ei ole tapahtunut muutosta. Pitoisuus on kylläkin vähitellen laskenut.

Taulukko 25. Vertailu särjen elohopeapitoisuuden kehittymisestä eri vuosina Alajärvässä, Seinäjärvessä, Kalajärven tekojärvessä, Kivi- ja Levalammen tekojärvessä ja Kyrkösjärven tekojärvessä.

	Luonnonjärvet		Tekojärvet	
	Alajärvi	Seinäjärvi	Kalajärvi Kivi- ja Levalampi	Kyrkösjärvi
1981	0.22		1.04	0.75
1982		0.31		
1983	0.44	0.29		
1984		0.22	0.77	0.74
1987			0.62	0.66
1988	0.32		0.71	
1989			0.57	0.52
1990	0.22		0.55	
1991	0.25	0.19		0.50

Huomautus: Kivi- ja Levalammen tekojärven kalalajistoon ei lukeudu särki.

4.7 KALOJEN ELOHOPEAPITOISUUKSIA MUISSA VESISTÖISSÄ

4.7.1 35 Kokemäenjoen vesistöalue

Alisen Sulkavanjärven, Keskisen Sulkavanjärven, Tulilammen ja Ähtärinjärven kalojen käyttämisessä ihmisravinnoksi ei ole rajoituksia. Isojärvessä ja Kolunjärvessä olivat pitoisuudet 1980-luvun alkupuolella ahvenella ja hauella yli 0.5 mg/kg. Tämän hetkinen taso ei ole tiedossa.

35.425 ALINEN SULKAVANJÄRVI

Taulukko 26. Kalojen elohopeapitoisuuksia Alinen Sulkavanjärvessä.

laji	kpl	paino (g)		keskipaino (g)	elohopeaa (mg/kg)		keskimäärin (mg/kg)
		min	max		min	max	
1990							
ahven	1	215	215	215	0.27	0.27	0.27
hauki	3	206	277	247	0.31	0.41	0.37
lahna	3	840	914	878	0.13	0.17	0.15
made	3	178	409	312	0.24	0.34	0.28
särki	3	138	257	190	0.24	0.29	0.26

Alinen Sulkavanjärvi on merkitty numerolla 1 karttaan 2 sivulle 80.

35.425 KESKINEN SULKAVANJÄRVI

Taulukko 27. Kalojen elohopeapitoisuuksia Keskinen Sulkavanjärvessä.

laji	kpl	paino (g)		keskipaino (g)	elohopeaa (mg/kg)		keskimäärin (mg/kg)
		min	max		min	max	
1991							
ahven	3	174	242	210	0.16	0.18	0.17
hauki	3	600	654	629	0.46	0.49	0.47
lahna	1	153	153	153	0.12	0.12	0.12
särki	3	178	190	185	0.25	0.41	0.35

Keskinen Sulkavanjärvi on merkitty numerolla 2 karttaan 2 sivulle 80.

35.425 TULILAMPI

Taulukko 28. Kalojen elohopeapitoisuuksia Tulilammissa.

laji	kpl	paino (g)		keskipaino (g)	elohopeaa (mg/kg)		keskimäärin (mg/kg)
		min	max		min	max	
1991							
made	1	522	522	522	0.49	0.49	0.49
särki	2	180	293	237	0.25	0.47	0.36

Tulilampi on merkitty numerolla 3 karttaan 2 sivulle 80.

35.433 ÄHTÄRINJÄRVI

Taulukko 29. Kalojen elohopeapitoisuuksia Ähtärinjärvessä.

laji	kpl	paino (g)		keskipaino (g)	elohopeaa (mg/kg)		keskimäärin (mg/kg)
		min	max		min	max	
1986							
hauki	3	800	1100	950	0.38	0.68	0.54
made	2	700	750	725	0.38	0.45	0.41

Ähtärinjärvi on merkitty numerolla 4 karttaan 2 sivulle 80.

35.464 ISOJÄRVI

Taulukko 30. Kalojen elohopeapitoisuuksia Isojärvässä.

laji	kpl	paino (g)		keskipaino (g)	elohopeaa (mg/kg)		keskimäärin (mg/kg)
		min	max		min	max	
1982							
ahven	2	130	410	270	1.16	1.37	1.26
hauki	3	250	1235	682	0.67	1.13	0.91

Isojärvi on merkitty numerolla 5 karttaan 2 sivulle 80.

35.462 KOLUNJÄRVI

Taulukko 31. Kalojen elohopeapitoisuuksia Kolunjärvässä.

laji	kpl	paino (g)		keskipaino (g)	elohopeaa (mg/kg)		keskimäärin (mg/kg)
		min	max		min	max	
1982							
ahven	1	300	300	300	0.78	0.78	0.78
hauki	9	100	820	429	0.42	0.92	0.68
särki	1	350	350	350	0.44	0.44	0.44

Kolunjärvi on merkitty numerolla 6 karttaan 2 sivulle 80.

4.7.2 3 9 N ä r p i ö n j o e n v e s i s t ö a l u e

Säläisjärven ahvenissa ja hauissa mitattiin 1980-luvun alussa yli 1.0 mg/kg olevia elohopeapitoisuuksia. 1990-luvun alussa olivat pitoisuudet laskeneet välille 0.5-1.0 mg/kg, joten tämän altaan kaloja suositellaan käytettäväksi ihmisravinnoksi enintään 0.5 kg viikossa.

39.004 SÄLÄISJÄRVI

Taulukko 32. Kalojen elohopeapitoisuuksia Säläisjärvessä.

laji	kpl	paino (g)		keskipaino (g)	elohopeaa (mg/kg)		keskimäärin (mg/kg)
		min	max		min	max	
ahven							
1981	3	330	670	470	1.39	1.96	1.64
1982	7	24	43	30	0.92	1.36	1.18
1991	10	66	140	98	0.35	1.29	0.81
hauki							
1981	6	430	660	557	1.06	1.90	1.47
1991	7	128	608	379	0.39	0.95	0.69

Säläisjärvi on merkitty numerolla 7 karttaan 2 sivulle 80.

4.7.3 4 2 K y r ö n j o e n v e s i s t ö a l u e

Kyrönjoella ja Kotilammilla kalojen käyttämisessä ihmisravinnoksi ei ole rajoituksia. Pitkämön ja Liikapuron pitoisuudet ovat laskeneet. Edellämainituista tekojärvistä ei ole näytekaloja 1990-luvulta. Näiden altainen kaloja suositellaan käytettäväksi ihmisravinnoksi enintään 0.5 kg viikossa.

Seinäjoessa ovat haukien elohopeapitoisuudet 0.5-1.0 mg/kg, joten niitä suositellaan käytettäväksi ihmisravinnoksi enintään 0.5 kg viikossa. Haukien korkeat pitoisuudet selittynevät sillä, että osa niistä saattaa olla peräisin tekoaltaista. Pitoisuudet ovat kuitenkin pienempiä kuin tekoaltaiden haukien pitoisuudet.

42.011 KYRÖNJOKI, VOITILA

Taulukko 33. Kalojen elohopeapitoisuuksia Kyrönjoki, Voitilassa.

laji	kpl	paino (g)		keskipaino (g)	elohopeaa (mg/kg)		keskimäärin (mg/kg)
		min	max		min	max	
1984							
ahven	1	128	128	128	0.06	0.06	0.06
hauki	1	1515	1515	1515	0.33	0.33	0.33
made	1	1310	1310	1310	0.39	0.39	0.39

Kyrönjoki, Voitila on merkitty numerolla 8 karttaan 2 sivulle 80.

42.028 KOTILAMMI

Taulukko 34. Kalojen elohopeapitoisuuksia Kotilammissa.

laji	kpl	paino (g)		keskipaino (g)	elohopeaa (mg/kg)		keskimäärin (mg/kg)
		min	max		min	max	
ahven							
1981	6	132	350	230	0.48	0.76	0.59
hauki							
1981	2	160	178	169	0.14	0.17	0.15
made							
1980	1	520	520	520	0.43	0.43	0.43
1981	1	660	660	660	0.46	0.46	0.46

Kotilammi on merkitty numerolla 9 karttaan 2 sivulle 80.

42.013 KYRÖNJOKI, ISOKYRÖ

Taulukko 35. Kalojen elohopeapitoisuuksia Kyrönjoki, Isokyrössä.

laji	kpl	paino (g)		keskipaino (g)	elohopeaa (mg/kg)		keskimäärin (mg/kg)
		min	max		min	max	
ahven							
1981	4	108	222	156	0.09	0.36	0.23
1984	2	195	210	203	0.19	0.21	0.20
1990	3	200	272	226	0.09	0.36	0.24
hauki							
1978	3	365	698	491	0.36	0.58	0.43
1981	3	290	330	307	0.16	0.20	0.18
1984	4	320	870	573	0.29	0.40	0.35
1990	2	1218	1280	1249	0.25	0.40	0.32
lahna							
1984	2	640	790	715	0.07	0.11	0.09
1990	5	174	328	219	0.10	0.12	0.11
särki							
1984	2	260	290	275	0.11	0.16	0.13
säyne							
1984	1	365	365	365	0.10	0.10	0.10

Kyrönjoki, Isokyrö on merkitty numerolla 10 karttaan 2 sivulle 80.

42.024 KYRÖNJOKI, KITINOJA

Taulukko 36. Kalojen elohopeapitoisuuksia Kyrönjoen Kitinojassa.

laji	kpl	paino (g)		keskipaino (g)	elohopeaa (mg/kg)		keskimäärin (mg/kg)
		min	max		min	max	
1985 ahven	1	400	400	400	1.14	1.14	1.14

Kyrönjoki, Kitinoja on merkitty numerolla 11 karttaan 2 sivulle 80.

42.022 KYRÖNJOKI, YLISTARO

Taulukko 37. Kalojen elohopeapitoisuuksia Kyrönjoki, Ylistarossa.

laji	kpl	paino (g)		keskipaino (g)	elohopeaa (mg/kg)		keskimäärin (mg/kg)
		min	max		min	max	
lahna 1984	1	610	610	610	0.37	0.37	0.37
särki 1981	3	115	131	123	0.25	0.35	0.29
säyne 1984	1	420	420	420	0.31	0.31	0.31

Kyrönjoki, Ylistaro on merkitty numerolla 12 karttaan 2 sivulle 80.

42.041 PITKÄMÖ

Taulukko 38. Kalojen elohopeapitoisuuksia Pitkämössä.

laji	kpl	paino (g)		keskipaino (g)	elohopeaa (mg/kg)		keskimäärin (mg/kg)
		min	max		min	max	
ahven 1981	3	410	890	715	0.99	1.50	1.32
1987	1	325	325	325	0.80	0.80	0.80
hauki 1981	2	660	1120	890	0.54	1.10	0.82
lahna 1981	4	195	440	285	0.19	0.25	0.22
1987	3	481	615	547	0.20	0.27	0.23
made 1980	9	100	920	462	0.36	0.71	0.48
1981	3	310	820	487	0.47	0.52	0.49

Pitkämö on merkitty numerolla 13 karttaan 2 sivulle 80.

42.078 LIIKAPURO

Taulukko 39. Kalojen elohopeapitoisuuksia Liikapurossa.

laji	kpl	paino (g)		keskipaino (g)	elohopeaa (mg/kg)		keskimäärin (mg/kg)
		min	max		min	max	
ahven							
1981	1	194	194	194	1.14	1.14	1.14
hauki							
1981	1	370	370	370	2.31	2.31	2.31
1987	2	411	540	476	0.56	0.90	0.73

Liikapuro on merkitty numerolla 14 karttaan 2 sivulle 80.

42.072 SEINÄJOKI, KÄRJENKOSKI

Taulukko 40. Kalojen elohopeapitoisuuksia Seinäjoen Kärjenkoskella.

laji	kpl	paino (g)		keskipaino (g)	elohopeaa (mg/kg)		keskimäärin (mg/kg)
		min	max		min	max	
ahven							
1990	6	20	86	44	0.14	0.46	0.26
1991	10	22	58	37	0.16	0.50	0.24
hauki							
1989	5	314	724	520	0.38	0.70	0.55
1990	5	430	1500	833	0.48	0.79	0.62
1991	10	490	1126	719	0.49	1.08	0.77

Seinäjoki, Kärjenkoski on merkitty numerolla 15 karttaan 2 sivulle 80.

42.072 SEINÄJOKI, RENKO

Taulukko 41. Kalojen elohopeapitoisuuksia Seinäjoen Renkossa.

laji	kpl	paino (g)		keskipaino (g)	elohopeaa (mg/kg)		keskimäärin (mg/kg)
		min	max		min	max	
1981							
ahven	5	44	52	48	0.75	0.87	0.82
made	3	206	385	269	0.55	0.92	0.72
särki	2	66	196	131	0.51	0.65	0.58

Seinäjoki, Renko on merkitty numerolla 16 karttaan 2 sivulle 80.

42.072 SEINÄJOKI, UITONPERÄ

Taulukko 42. Kalojen elohopeapitoisuuksia Seinäjoen Uitonperässä.

laji	kpl	paino (g)		keskipaino (g)	elohopeaa (mg/kg)		keskimäärin (mg/kg)
		min	max		min	max	
ahven							
1991	8	26	30	28	0.17	0.27	0.20
hauki							
1989	4	386	651	535	0.40	0.56	0.46
1990	5	500	550	520	0.46	0.77	0.60
1991	6	320	700	490	0.44	0.59	0.50

Seinäjoki, Uitonperä on merkitty numerolla 17 karttaan 2 sivulle 80.

4.7.4 4 4 L a p u a n j o e n v e s i s t ö a l u e

Lapuanjoen, Kuortaneenjärven, Kyrösjärven, Kauhajärven, Kauhavanjoen, Kalaluoman, Kuorasjärven ja Nurmonjoen kalojen käyttämisessä ihmisravinnoksi ei ole rajoituksia. Hirvijärvestä ja Varpulasta on määritetty kalojen elohopeapitoisuuksia 1970-luvun lopulla ja 1980-luvun alkupuolella. Tällöin ne olivat yli 0.5 mg/kg. Hirvijärven ja Varpulan altaista ei ole analyysituloksia 1990-luvulta. Näiden

tekoaltaiden kaloja suositellaan käytettäväksi ihmisravinnoksi enintään 0.5 kg viikossa.

44.021 LAPUANJOKI, KANTATIE 67

Taulukko 43. Kalojen elohopeapitoisuuksia Lapuanjoen Kantatie 67.

laji	kpl	paino (g)		keskipaino (g)	elohopeaa (mg/kg)		keskimäärin (mg/kg)
		min	max		min	max	
1990 ahven	1	150	150	150	0.34	0.34	0.34

Lapuanjoki, Kantatie 67 on merkitty numerolla 18 karttaan 2 sivulle 80.

44.022 LAPUANJOKI, ÄMPPI

Taulukko 44. Kalojen elohopeapitoisuuksia Lapuanjoen Ämpissä.

laji	kpl	paino (g)		keskipaino (g)	elohopeaa (mg/kg)		keskimäärin (mg/kg)
		min	max		min	max	
1985 hauki	2	460	805	633	0.34	0.68	0.51

Lapuanjoki, Ämppi on merkitty numerolla 19 karttaan 2 sivulle 80.

44.031 LAPUANJOKI, HAAPAKOSKI

Taulukko 45. Kalojen elohopeapitoisuuksia Lapuanjoen Haapakoskessa.

laji	kpl	paino (g)		keskipaino (g)	elohopeaa (mg/kg)		keskimäärin (mg/kg)
		min	max		min	max	
1984							
ahven	1	235	235	235	0.28	0.28	0.28
lahna	2	330	500	415	0.08	0.12	0.10

Lapuanjoki, Haapakoski on merkitty numerolla 20 karttaan 2 sivulle 80.

44.041 KUORTANEENJÄRVI

Taulukko 46. Kalojen elohopeapitoisuuksia Kuortaneenjärvässä.

laji	kpl	paino (g)		keskipaino (g)	elohopeaa (mg/kg)		keskimäärin (mg/kg)
		min	max		min	max	
ahven							
1980	5	120	360	222	0.90	1.13	0.99
hauki							
1978	3	794	1535	1164	0.46	0.65	0.57
1979	5	780	1015	857	0.30	0.42	0.38
made							
1980	2	310	400	355	0.29	0.32	0.30

Kuortaneenjärvi on merkitty numerolla 21 karttaan 2 sivulle 80.

44.044 KYRÖSJÄRVI

Taulukko 47. Kalojen elohopeapitoisuuksia Kyrösjärvässä.

laji	kpl	paino (g)		keskipaino (g)	elohopeaa (mg/kg)		keskimäärin (mg/kg)
		min	max		min	max	
1981							
hauki	1	347	347	347	0.48	0.48	0.48

Kyrösjärvi on merkitty numerolla 22 karttaan 2 sivulle 80.

44.063 KAUHAJÄRVI

Taulukko 48. Kalojen elohopeapitoisuuksia Kauhajärvessä.

laji	kpl	paino (g)		keskipaino (g)	elohopeaa (mg/kg)		keskimäärin (mg/kg)
		min	max		min	max	
ahven							
1989	5	94	157	120	0.17	0.36	0.23
hauki							
1989	2	207	389	298	0.13	0.19	0.16
1990	4	237	468	369	0.30	0.40	0.35
lahna							
1989	5	137	635	388	0.07	0.14	0.09
siika							
1990	2	273	397	335	0.12	0.13	0.12

Kauhajärvi on merkitty numerolla 23 karttaan 2 sivulle 80.

44.061 KAUHAVANJOKI, PERNAA

Taulukko 49. Kalojen elohopeapitoisuuksia Kauhavanjoen Pernaassa.

laji	kpl	paino (g)		keskipaino (g)	elohopeaa (mg/kg)		keskimäärin (mg/kg)
		min	max		min	max	
1990							
ahven	5	152	276	192	0.16	0.33	0.27

Kauhavanjoki, Perna on merkitty numerolla 24 karttaan 2 sivulle 80.

44.092 HIRVIJÄRVI

Taulukko 50. Kalojen elohopeapitoisuuksia Hirvijärvessä.

laji	kpl	paino (g)		keskipaino (g)	elohopeaa (mg/kg)		keskimäärin (mg/kg)
		min	max		min	max	
ahven							
1982	1	114	114	114	0.55	0.55	0.55
1984	1	220	220	220	0.28	0.28	0.28
hauki							
1979	8	390	1070	715	0.92	1.55	1.24
1981	2	660	690	675	1.01	1.61	1.31
1984	8	550	1420	822	0.48	0.94	0.67
kiiski							
1982	1	193	193	193	1.43	1.43	1.43
made							
1979	2	310	560	435	1.02	1.14	1.08
1980	4	700	930	796	0.95	1.25	1.14
särki							
1982	4	167	232	193	0.99	1.23	1.09

Hirvijärvi on merkitty numerolla 25 karttaan 2 sivulle 80.

44.094 KALALUOMA

Taulukko 51. Kalojen elohopeapitoisuuksia Kalaluomassa.

laji	kpl	paino (g)		keskipaino (g)	elohopeaa (mg/kg)		keskimäärin (mg/kg)
		min	max		min	max	
1987							
ahven	8	58	147	115	0.08	0.50	0.33
hauki	7	200	527	393	0.26	0.67	0.49
made	5	333	757	533	0.54	0.73	0.59
särki	1	98	98	98	0.65	0.65	0.65

Kalaluoma on merkitty numerolla 26 karttaan 2 sivulle 80.

44.095 KUORASJÄRVI

Taulukko 52. Kalojen elohopeapitoisuuksia Kuorasjärvessä.

laji	kpl	paino (g)		keskipaino (g)	elohopeaa (mg/kg)		keskimäärin (mg/kg)
		min	max		min	max	
ahven							
1981	1	130	130	130	0.31	0.31	0.31
hauki							
1980	3	700	1620	1023	0.34	0.61	0.47
1981	1	470	470	470	0.30	0.30	0.30
lahna							
1981	1	160	160	160	0.30	0.30	0.30
made							
1980	2	350	410	380	0.25	0.30	0.27
1981	3	360	960	573	0.22	0.28	0.25
siika							
1981	1	380	380	380	0.14	0.14	0.14

Kuorasjärvi on merkitty numerolla 27 karttaan 2 sivulle 80.

44.091 NURMONJOKI, LAPUA

Taulukko 53. Kalojen elohopeapitoisuuksia Nurmonjoella, Lapua.

laji	kpl	paino (g)		keskipaino (g)	elohopeaa (mg/kg)		keskimäärin (mg/kg)
		min	max		min	max	
1981							
ahven	1	109	109	109	0.63	0.63	0.63
made	1	480	480	480	0.49	0.49	0.49
särki	3	129	147	137	0.36	0.44	0.40

Nurmonjoki, Lapua on merkitty numerolla 28 karttaan 2 sivulle 80.

44.091 NURMONJOKI, NYRHILÄ

Taulukko 54. Kalojen elohopeapitoisuuksia Nurmonjoen Nyrhilässä.

laji	kpl	paino (g)		keskipaino (g)	elohopeaa (mg/kg)		keskimäärin (mg/kg)
		min	max		min	max	
1984 hauki	1	460	460	460	0.52	0.52	0.52

Nurmonjoki, Nyrhilä on merkitty numerolla 29 karttaan 2 sivulle 80.

44.092 NURMONJOKI, VENESKOSKI

Taulukko 55. Kalojen elohopeapitoisuuksia Nurmonjoen Veneskoskella.

laji	kpl	paino (g)		keskipaino (g)	elohopeaa (mg/kg)		keskimäärin (mg/kg)
		min	max		min	max	
1981 hauki	5	230	480	392	0.84	1.01	0.92

Nurmonjoki, Veneskoski on merkitty numerolla 30 karttaan 2 sivulle 80.

44.092 VARPULA

Taulukko 56. Kalojen elohopeapitoisuuksia Varpulassa.

laji	kpl	paino (g)		keskipaino (g)	elohopeaa (mg/kg)		keskimäärin (mg/kg)
		min	max		min	max	
1979 hauki	1	940	940	940	1.89	1.89	1.89

Varpula on merkitty numerolla 31 karttaan 2 sivulle 80.

4.7.5 47 Ähtävänjoen vesistöalue

Lappajärven ja Kurejoen kalojen käyttämisessä ihmisravinnoksi ei ole rajoituksia.

47.031 LAPPAJÄRVI

Taulukko 57. Kalojen elohopeapitoisuuksia Lappajärnessä.

laji	kpl	paino (g)		keskipaino (g)	elohopeaa (mg/kg)		keskimäärin (mg/kg)
		min	max		min	max	
1983 hauki	2	610	930	770	0.27	0.33	0.30

Lappajärvi on merkitty numerolla 32 karttaan 2 sivulle 80.

47.042 KUREJOKI, ALAJÄRVI

Taulukko 58. Kalojen elohopeapitoisuuksia Kurejoessa, Alajärvi

laji	kpl	paino (g)		keskipaino (g)	elohopeaa (mg/kg)		keskimäärin (mg/kg)
		min	max		min	max	
1982 hauki	4	230	730	423	0.32	0.63	0.50
lahna	2	340	900	620	0.25	0.34	0.29
särki	1	275	275	275	0.32	0.32	0.32

Kurejoki, Alajärvi on merkitty numerolla 33 karttaan 2 sivulle 80.

4.7.6 48 Kruunupyynjoen vesistöalue

Sääksjärven kalojen käyttämisessä ihmisravinnoksi ei ole rajoituksia.

48.006 SÄÄKSJÄRVI

Taulukko 59. Kalojen elohopeapitoisuuksia Sääksjärvessä.

laji	kpl	paino (g)		keskipaino (g)	elohopeaa (mg/kg)		keskimäärin (mg/kg)
		min	max		min	max	
1990							
ahven	1	198	198	198	0.54	0.54	0.54
hauki	5	173	795	488	0.27	0.46	0.35
lahna	2	451	791	621	0.14	0.20	0.17
särki	3	206	275	252	0.19	0.24	0.21

Sääksjärvi on merkitty numerolla 34 karttaan 2 sivulle 80.

4.7.7 83 Selkämeren rannikkoalue

Hinjärven, Mamreträsketin ja Pilvilammen kalojen käyttämisessä ihmisravinnoksi ei ole rajoituksia.

83.043 HINJÄRV

Taulukko 60. Kalojen elohopeapitoisuuksia Hinjärvessä.

laji	kpl	paino (g)		keskipaino (g)	elohopeaa (mg/kg)		keskimäärin (mg/kg)
		min	max		min	max	
ahven							
1990	3	148	205	176	0.13	0.14	0.13
hauki							
1979	4	360	580	484	0.14	0.18	0.16
lahna							
1990	3	336	458	391	0.07	0.18	0.12

Hinjärv on merkitty numerolla 35 karttaan 2 sivulle 80.

83.050 MAMRETRÄSKET

Taulukko 61. Kalojen elohopeapitoisuuksia Mamreträsketissä.

laji	kpl	paino (g)		keskipaino (g)	elohopeaa (mg/kg)		keskimäärin (mg/kg)
		min	max		min	max	
1981 hauki	1	1940	1940	1940	0.57	0.57	0.57

Mamreträsket on merkitty numerolla 36 karttaan 2 sivulle 80.

83.053 PILVILAMPI

Taulukko 62. Kalojen elohopeapitoisuuksia Pilvilammessa.

laji	kpl	paino (g)		keskipaino (g)	elohopeaa (mg/kg)		keskimäärin (mg/kg)
		min	max		min	max	
1981 ahven	3	207	290	242	0.14	0.24	0.17

Pilvilampi on merkitty numerolla 37 karttaan 2 sivulle 80.

4.7.8 9 4 P e r ä m e r i

Kyrönjoen suiston (Brudsund, Bytesholmfjärden, Särkimo ja Söderfjärden) kalojen käyttämisessä ihmisravinnoksi ei ole rajoituksia.

94.40 BRUDSUND

Taulukko 63. Kalojen elohopeapitoisuuksia Brudsundissa.

laji	kpl	paino (g)		keskipaino (g)	elohopeaa (mg/kg)		keskimäärin (mg/kg)
		min	max		min	max	
1981 hauki	7	520	1500	937	0.16	0.33	0.23

Brudsund on merkitty numerolla 38 karttaan 2 sivulle 80.

94.40 BYTESHOLMFJÄRDEN

Taulukko 64. Kalojen elohopeapitoisuuksia Bytesholmfjärdenissä.

laji	kpl	paino (g)		keskipaino (g)	elohopeaa (mg/kg)		keskimäärin (mg/kg)
		min	max		min	max	
1982 hauki	5	885	1475	1169	0.28	0.43	0.35

Bytesholmfjärden on merkitty numerolla 39 karttaan 2 sivulle 80.

94.40 SÄRKIMO

Taulukko 65. Kalojen elohopeapitoisuuksia Särkimossa.

laji	kpl	paino (g)		keskipaino (g)	elohopeaa (mg/kg)		keskimäärin (mg/kg)
		min	max		min	max	
1982 kuha	6	400	685	548	0.22	0.30	0.24
made	12	840	1865	1132	0.14	0.37	0.23

Särkimo on merkitty numerolla 40 karttaan 2 sivulle 80.

94.40 SÖDERFJÄRDEN

Taulukko 66. Kalojen elohopeapitoisuuksia Söderfjärdenissä.

laji	kpl	paino (g)		keskipaino (g)	elohopeaa (mg/kg)		keskimäärin (mg/kg)
		min	max		min	max	
1990							
ahven	4	85	120	97	0.09	0.35	0.17
hauki	4	301	463	389	0.15	0.33	0.20

Söderfjärden on merkitty numerolla 41 karttaan 2 sivulle 80.

5 Y H T E E N V E T O

Tässä työssä on tarkasteltu Etelä-Pohjanmaalla sijaitsevien viiden järven kalojen elohopeapitoisuuden kehittymistä vuosina 1981-1991. Näistä Alajärvi ja Seinäjärvi ovat säännösteltyjä luonnonjärviä ja Kalajärvi, Kivi- ja Levalampi sekä Kyrkösjärvi ovat tekojärviä. Tähän raporttiin on kerätty myös muiden vesistöjen elohopeapitoisuuksia.

Näytekalojen sisältämä elohopea määritettiin COLEMAN BACHERACH MAS-50B -merkkisellä laitteella dynaamisella systeemillä, joka koostui reaktioastiasta ja kyvetistä. Määrittäminen tehtiin kylmähöyrymenetelmällä.

FAO:n (YK:n elintarvike- ja maatalousjärjestö) ja WHO:n (Maaailman terveysjärjestö) asiantuntijakomitea on arvioinut suurimmaksi sallittavaksi jatkuvaksi elohopean viikkoannokseksi 0.3 mg henkilöä kohti, ja tätä on esitetty myös WHO:n ohjearvoksi. Lääkintöhallitus on tähän perustuen esittänyt, että yli 1.0 mg/kg elohopeaa sisältävä kala on ihmisravinnoksi kelpaamaton ja näin ollen sitä ei saa pitää kaupan. Jos kalassa on elohopeaa 0.5-1.0 mg/kg ei sitä tulisi syödä jatkuvasti kuin enintään 0.5 kg viikossa.

Luonnonjärvistä Alajärven ahventen ja särkien elohopeapitoisuudet eivät ole muuttuneet havaintojakson aikana. Haukien pitoisuudet ovat hieman laskeneet.

Alajärven säännöstelyn muutos ei näytä vaikuttaneen kalojen elohopeapitoisuuksiin.

Seinäjärven ahventen elohopeapitoisuudet eivät ole muuttuneet, lukuunottamatta vuoden 1984 väliaikaista pitoisuuden kohoamista.

Elohopeapitoisuuden nousu johtui suuremmista näytekalloista kyseisenä vuonna. Haukien elohopeapitoisuudet ovat laskeneet. Särkien pitoisuudet eivät ole muuttuneet.

Tekojärvistä Kalajärven ahventen, haukien ja särkien elohopeapitoisuudet ovat laskeneet. Suurten haukien (yli 1 kg) pitoisuudet ovat vielä yli 1.0 mg/kg ja pienten haukien pitoisuudet ovat välillä 0.5-1.0 mg/kg.

Kivi- ja Levalammen ahventen ja haukien pitoisuudet ovat laskeneet. Suurten ahventen (yli 200 g) pitoisuudet ovat vielä yli 1.0 mg/kg ja pienten ahventen pitoisuudet ovat välillä 0.5-1.0 mg/kg.

Suurten haukien (yli 1 kg) pitoisuudet ovat vielä yli 1.0 mg/kg ja pienten haukien pitoisuudet ovat välillä 0.5-1.0 mg/kg.

Kyrkösjärven ahventen, haukien ja särkien elohopeapitoisuudet eivät ole muuttuneet havaintojakson aikana.

Luonnonjärvistä Alajärvellä ja Seinäjärvellä ei ole rajoituksia kalan käyttämisessä ihmisravinnoksi.

Tekojärvistä Kalajärven kaloja suositellaan käytettäväksi ihmisravinnoksi korkeintaan 0.5 kg viikossa seuraavilla lajeilla: ahven, hauki, made ja särki. Kivi- ja Levalammen kalalajeista edellä mainittu suositus koskee ahventa ja haukea. Kyrkösjärven kaloja suositellaan käytettäväksi ihmisravinnoksi korkeintaan 0.5 kg viikossa seuraavilla lajeilla: ahven, hauki, made ja särki.

Ahvenen elohopeapitoisuus oli riippuvainen kalan painosta Kyrkösjärven tekojärvessä, jonka avulla selittyi 20 % ahvenen elohopeapitoisuudesta. Korrelaatiokertoimen merkitsevyys oli 99 %. Hauen elohopeapitoisuus oli riippuvainen kalan painosta Alajärvessä ja Seinäjärvessä sekä tekojärvistä Kalajärvessä, Kivi- ja Levalammessa ja Kyrkösjärvessä.

Alajärvessä selittyi elohopeapitoisuudesta painon avulla 13 %. Korrelaatiokertoimen merkitsevyys oli 95 %. Seinäjärvessä selittyi elohopeapitoisuudesta painon avulla 17 %. Korrelaatiokertoimen merkitsevyys oli 95 %.

Tekojärvistä Kalajärvessä selittyi elohopeapitoisuudesta painon avulla 33 %. Korrelaatiokertoimen merkitsevyys oli 99.9 %.

Kivi- ja Levalammessa selittyi elohopeapitoisuudesta painon avulla 52 %, kun mukaan huomioitiin yksi suuri hauki (katso sivu 13). Korrelaatiokertoimen merkitsevyys oli 99.9 %. Kyrkösjärven selittyi elohopeapitoisuudesta painon avulla 57 %. Korrelaatiokertoimen merkitsevyys oli 99.9 %.

Mateen elohopeapitoisuus oli riippuvainen kalan painosta Kyrkösjärven tekojärven, jonka avulla selittyi 36 % mateen elohopeapitoisuudesta. Korrelaatiokertoimen merkitsevyys oli 99.9 %.

Hirvijärven, Liikapuron, Pitkämön, Säläisjärven ja Varpulan altaiden kaloja suositellaan käytettäväksi ihmisravinnoksi enintään 0.5 kg viikossa. Seinäjoen hauista on mitattu yli 0.5 mg/kg pitoisuuksia. Seinäjoen hauista lienee osa peräisin tekoaltaista.

Tekojärvien kalojen luonnonjärviä korkeammat elohopeapitoisuudet johtuvat maaperän humuspitoisesta pintakerroksesta, jossa elohopea on mahdollisesti metyloitunut jo ennen tekojärven rakentamista. Maaperän pintakerroksen on todettu aina sisältävän riittävästi elohopeaa nostamaan kalojen pitoisuuksia.

Lisäksi veden happikadon, tekojärven säännöstelyn ja tekojärven sijainnin happamalla suoalueilla on todettu lisäävän suurten elohopeapitoisuuksien todennäköisyyttä kaloissa.

Tekojärvien rakentaminen vanhoille järven pohjille ja kivennäismaille (erityisesti savimaille) sekä vähemmän happamille suoalueille vähentäisi suurten elohopeapitoisuuksien todennäköisyyttä kaloissa.

Elohopeapitoisuuksien pienentämiseksi suositellaan tehokasta kalastusta sekä kalkituksen ja seleenin lisäämisen kokeilemista. Vuosina 1990-1991 suoritettussa kalkituskokeessa ei kalkituksen todettu vaikuttaneen elohopeapitoisuuden pienenemiseen.

Elohopeaseurantaa tulisi jatkaa tekojärvillä, koska Lääkintöhallitus on asettanut niille käyttörajoituksia ja niitä ei ole vielä kumottu. Tekojärven rakentajien velvollisuuksiin kuuluu seurata elohopeapitoisuuksien kehittymistä, kunnes raja-arvot alitetaan. Lisäksi heidän tulee tiedottaa elohopeapitoisuuden kehittymisestä paikalliselle väestölle sekä kalatalous- ja terveystoimistoille.

K I I T O K S E T

Kiitän kaikkia henkilöitä Vaasan vesi- ja ympäristöpiirissä, jotka ovat auttaneet minua ja antaneet arvokkaita neuvoja tämän työn eri vaiheissa. Erityiset kiitokset haluan esittää Juhani Koivusaarelle, Esa Koskenniemelle, Pertti Sevolalle ja Karl-Erik Storbergille.

Vesi- ja ympäristöhallituksessa kiitän Olli Järvistä ja Matti Vertaa.

Valtion kalatalousoppilaitoksessa on tämän työn ohjaajana toiminut Lauri Paasivirta ja kieliäsun tarkastajana Kari Kipinoinen, josta heille parhaat kiitokset.

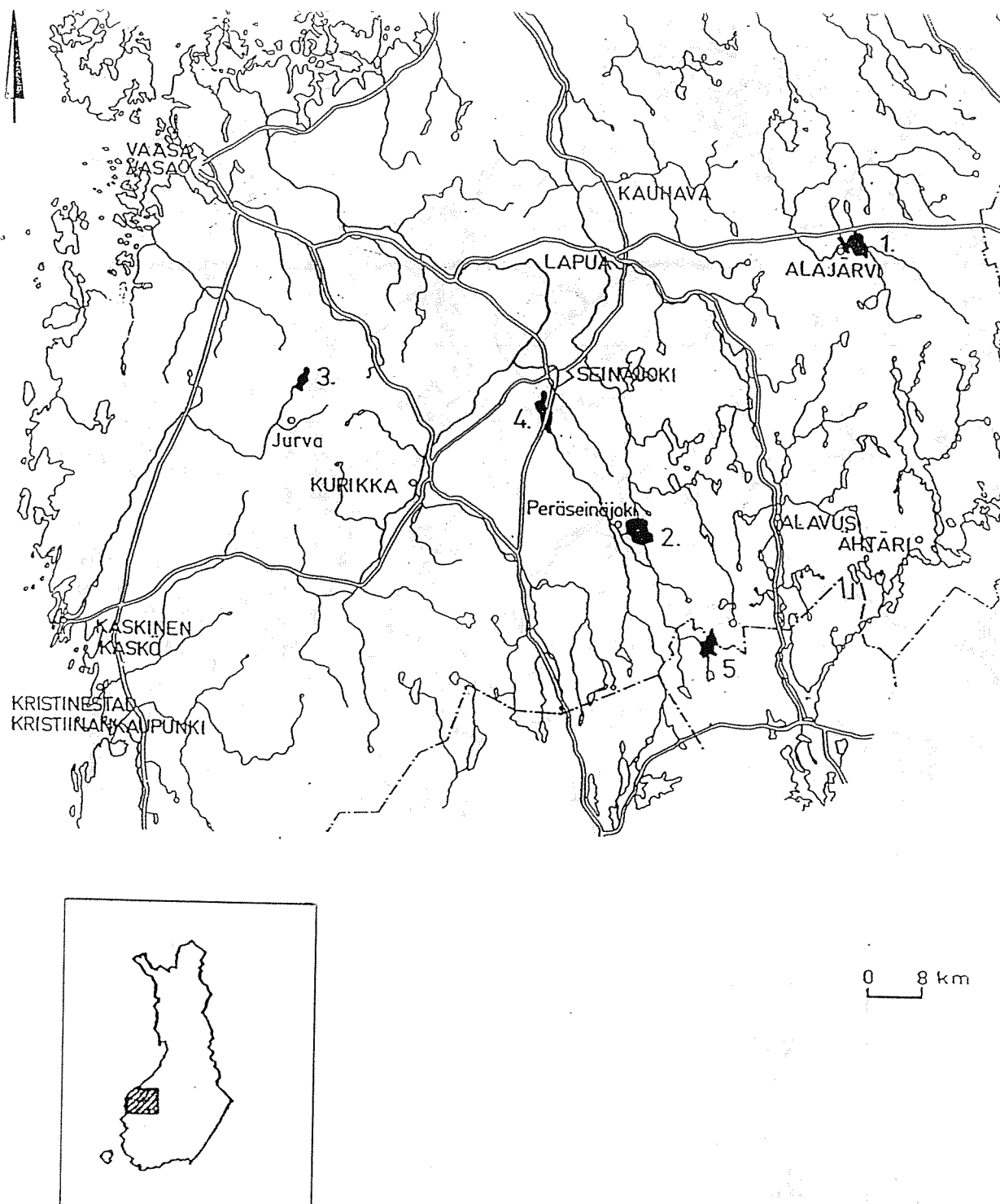
K I R J A L L I S U U S

- Abernathy, A.R. & Cumbie, P.M. 1977. Mercury Accumulation by Large-mouth Bass (*Micropterus salmoides*) in Recently Impounded Reservoirs. Bull. Environ. Contam. & Toxicol. 17, 5: s. 595-602.
- Alhonen, P. 1972. Muistio kalavahinkokomitealle 1.1.1972, 3 s.
- Andren, A.W. & Nriagu, J.O. 1979. The global cycle of mercury. In: Nriagu, J.O. (ed.). The biogeochemistry of mercury in the environment. Elsevier/North Holland Biomedical Press. Amsterdam, s. 1-21.
- Bodaly, R.A. & Heckey, R.E. 1979. Post-Impoundment Increases in Fish Mercury Levels in the Southern Indian Lake Reservoir, Manitoba, Can. Fish, Mar. Serv. MS Rep. No 1531, 15 p.
- Cox, J.A., Carnahan, J., DiNunzio, J., McCoy, J. & Meister, J. 1979. Source of Mercury in Fish in New Impoundments. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 23: s. 779-783.
- Göthberg, A. 1983. Intensive fishing - A way to reduce the mercury level in fish. Ambio 12: s. 259-261.
- Ekholm, M. 1993. Suomen vesistöalueet, Vesi- ja ympäristöhallituksen julkaisuja, sarja A, nro 126.
- Koivusaari, J. 1992. Alajärven säännöstelyn ja Kurejoen perkausten velvoitetarkkailun yhteenvetoraportti vuosilta 1985-1990. Vaasan vesi- ja ympäristöpiiri 1992. s. 4-5.
- Lindqvist, O., Jernelöv, A., Johansson, K. & Rodhe, H. 1984. Mercury in the Swedish environment. Global and local sources. National Swedish Environment Protection Board. Report PM 1816, 105 s.

- Lodenius, M., Seppänen, A. & Herranen, M. 1981. Accumulation of mercury in fish and man after impoundment of reservoirs in Northern Finland. Proceedings of VIII th congress of AMIEV, 1.6-5.6.1981, Tampere. (to be published).
- Louekari, K. 1991. Estimation of Dietary Intake of Heavy metals. Kuopio 1991.
- Lääkintöhallitus, 1980. Pohjois-Suomen kalojen elohopea. Tiedote, Helsinki 23.1.1980, 3 p.
- Meister, J.F., DiNunzio, J. & Cox, J.A. 1979. Source and Level of Mercury in a New Impoundment. Journal AWWA 71: s. 574-576.
- Miettinen, V. 1972. Muistio kalavahinkokomitealle 2.11.1972, 6 s.
- Mukherjee, A.B. 1989. The Release of Cadmium and Mercury into the Finnish Environment. Ympäristöministeriö, Report 64, 1989.
- Mäkinen, Y. 1978. Tilastotiedettä biologeille. SYNAPSI r.y:n kurssikirja, s. 266.
- Nriagu, J.O. & Pacyna, J.F. 1988. Quantitative assessment of world-wide contamination of air, water and soil by trace metals. Nature, Vol.333, 1988. s. 134.
- Potter, L., Kidd, D. & Standiford, D. 1975. Mercury Levels in Lake Powell. Environm. Sci. Technol. 9, 1: 36-41.
- Sumari, P., Partanen, H., Hietala, S. & Heinonen, O.P. 1972. Blood and hair mercury content in fish consumers. A. Preliminary report. Work. Environm. Health 9: s. 61-65.
- Tiittanen, K. & Blomqvist, H. 1983. Torjunta-aineiden myynti Suomessa 1982. Kemia -Kemi 10: s. 759-762.
- Verta, M. 1981. De konstgjorda sjöarna och kvicksilvret. Finlands Natur 40, 1: s. 8-10.
- Verta, M. 1981. Tekoaltaiden kalojen elohopeapitoisuudet vuonna 1980 ja arvio pitoisuuksien kehittymisestä. Vesihallituksen tiedotus 212, p. 45-73.
- Verta, M. & Rekolainen, S. 1985. Ilmaperäisen elohopean, metsäojituksen ja tekojärvien rakentamisen vaikutus kalojen elohopeapitoisuuteen. Tutkimusprojektin loppuraportti. Vesihallituksen monistesarja nro 320, 42 s.
- Verta, M. & Matilainen, T. 1992. Kalkituksen vaikutus elohopean metyloitumisnopeuteen ja kalojen elohopeapitoisuuteen Lammin Iso-Valkjärvessä. Moniste, 2 s.
- Vesihallitus, 1977. Pohjanmaan keskiosan vesien käytön kokonaissuunnitelma. I osa. Vesihallituksen tiedotus 123, 249 s.
- Vesihallitus, 1978. Pohjanmaan eteläosan vesien käytön kokonaissuunnitelma. I osa. Vesihallituksen tiedotus 140, 259 s.
- Vesihallitus, 1978. Pohjanmaan eteläosan vesien käytön kokonaissuunnitelma. II osa. Vesihallituksen tiedotus 140, 282 s.

- Vesihallitus, 1983. Ympäristölle vaaralliset aineet. Vesiensuojelun tavoiteohjelmanprojektin osaraportti nro 3. Vesihallituksen monistesarja nro 189, 125 s.
- Vesihallitus & Lääkintöhallitus 1980. Lapin ja Pohjanmaan tekoaltaiden kalojen elohopeatutkimuksista. Tiedote 30.10.1980, 4 p.
- Vesihallitus & Lääkintöhallitus 1981. Kalojen elohopeapitoisuuksista Lapin ja Pohjanmaan tekoaltaissa. Tiedote 13.1.1981, 4 p.
- Vesi- ja ympäristöhallitus, 1991. Laatukäsikirja VYL/lab, menetelmäohje nro 204, 7 s.
- Vuori, K.-M. 1993. Kalan elämää pilaantuneessa vedessä. Suomen metsästäjä- ja kalastajaliitto, 34 s.
- Wahlström, E., Reinikainen, T. & Hallanaro, E.-L. 1992. Ympäristön tila Suomessa. Vesi- ja ympäristöhallitus, Ympäristötietokeskus. 364 s.
- Wren, C.D. & MacCrimmon, H.R. 1983. Mercury levels in the sunfish (*Lepomis gibbosus*), relative to pH and other environmental variables of Precambrian shield lakes. - Can. J. Fish. Aquat. Sci. 40: s. 1737-1744.
- Ympäristönsuojeluneuvosto 1982. Suomen ympäristön tila. Sisäasiainministeriö, Ympäristönsuojeluosaston julkaisusarja A: 14, 328 s.

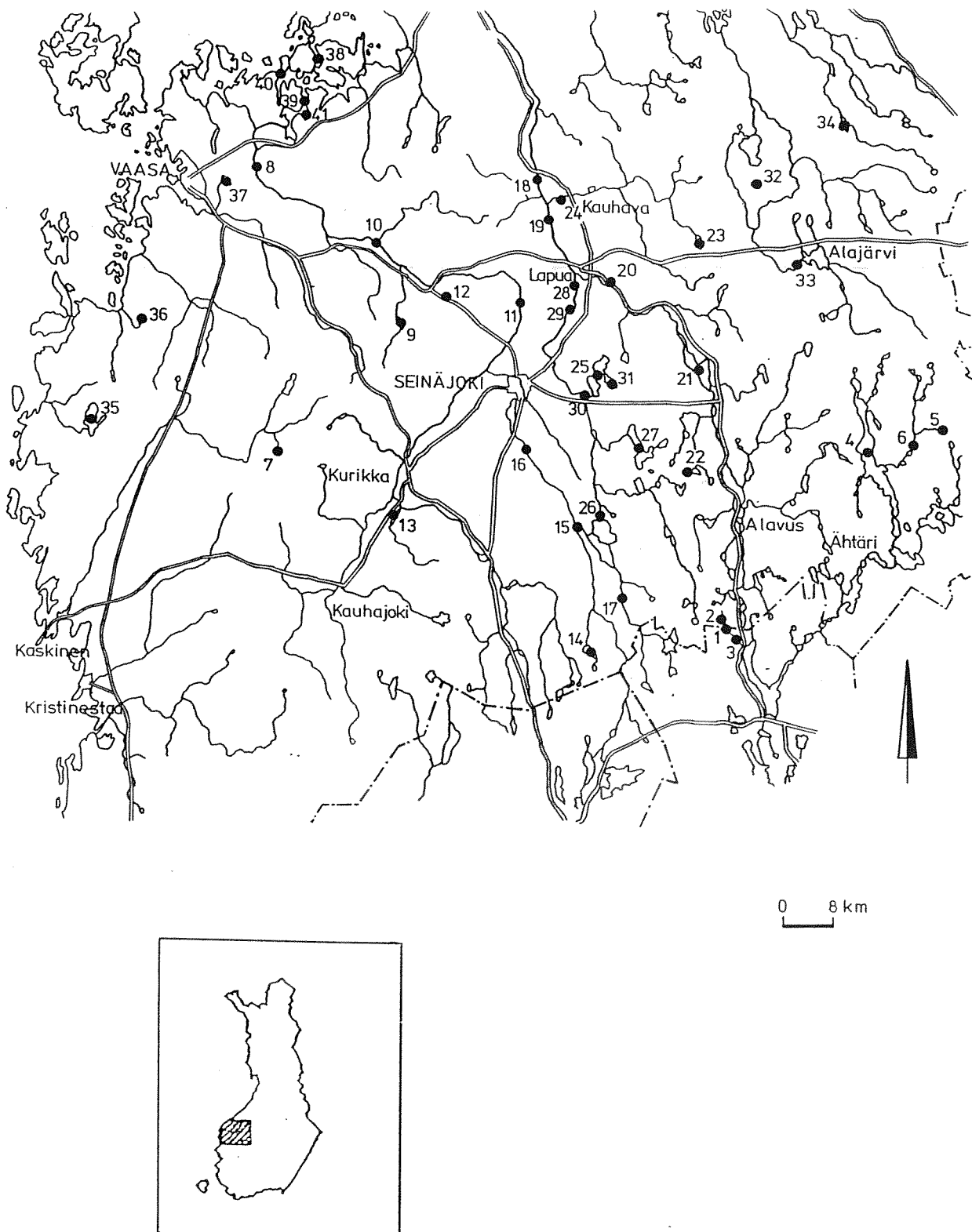
LIITE 1. TUTKIMUSJÄRVET, JOIDEN KALOISTA ON MÄÄRITETTY ELOHOPEA-
PITOISUUS VUOSINA 1981-1991



KARTTA 1. TUTKIMUSJÄRVET, JOIDEN KALOISTA ON MÄÄRITETTY
ELOHOPEAPITOISUUS VUOSINA 1981-1991.

1. ALAJÄRVI 2. KALAJÄRVI 3. KIVI- JA LEVALAMPI
4. KYRKÖSJÄRVI 5. SEINÄJÄRVI

LIITE 2. VESISTÖJÄ, JOIDEN KALOISTA ON MÄÄRITETTY ELOHOPEAPITOISUUS
VUOSINA 1978-1991



KARTTA 2. VESISTÖJÄ, JOIDEN KALOISTA ON MÄÄRITETTY ELOHOPEA-
PITOISUUS VUOSINA 1978-1991.

